

## 日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月 6日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-261933

[ST.10/C]:

[JP2002-261933]

出 願 人

Applicant(s):

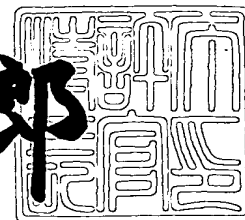
富士写真フイルム株式会社

Osamu IWASAKI, et al. Q77279  
LIGHT GUIDE CONTAINING LIGHT-  
SCATTERING PARTICLES ARRANGED TO  
REALIZE DESIRED LIGHT-OUTPUT....  
Filing Date: September 3, 2003  
Darryl Mexic 202-293-7060

2003年 4月18日

特 許 庁  
Commissioner  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3028650

【書類名】 特許願

【整理番号】 P27165J

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G02B 6/28

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

    【氏名】 岩崎 修

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県富士宮市大中里 2 0 0 富士写真フイルム株式会社内

    【氏名】 原 宏

【特許出願人】

    【識別番号】 000005201

    【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100073184

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

    【識別番号】 100090468

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 008969

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 導光体およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させる導光体を製造する方法において、

所望の光取り出し効率を $E_{out}$ 、補正係数を $K_C$ 、損失係数を $K_L$ としたとき、前記粒子の散乱断面積 $\Phi$ 、前記光学媒質の光伝搬方向の長さ $L_G$ 、粒子密度 $N_p$ を、下式

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdot K_L$$

を満足する値に設定することを特徴とする導光体の製造方法。

【請求項2】 光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させる導光体において、

前記粒子の散乱断面積を $\Phi$ 、前記光学媒質の光伝搬方向の長さを $L_G$ 、粒子密度を $N_p$ 、補正係数を $K_C$ としたとき、 $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C$ の値が0.9以下となっていることを特徴とする導光体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は導光体、特に詳細には、光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させる導光体に関するものである。

【0002】

また本発明は、そのような導光体を製造する方法に関するものである。

【0003】

【従来の技術】

従来、例えば特許文献1や特許文献2に示されているように、PMMA（ポリメチルメタクリレート）等の光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、

一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら別の端面側に伝搬させる導光体が公知となっている。

【0004】

このような導光体は、その側端面と周囲媒質（空気あるいはクラッド層）との界面における全反射の作用に加えて、光学媒質内の粒子で散乱を繰り返させながら光を伝搬させるものであるので、全反射の作用のみで光を伝搬させる導光体と比較すると、より強度が均一化した光を出射端面から取り出せるという利点を有している。その利点を活かしてこの種の導光体は、例えば特開平10-123350号公報に示されるように、一端面に光信号を入力する1つの入力部を結合するとともに他端面に複数の出力部を結合して、入力された光信号を複数の出力部に共通の信号として分配する光データバスを構成するために適用することが考えられている。さらには特許文献1～3に示されるように、この種の導光体は、液晶表示装置等において、良好な光伝搬効率の下に均一な照明光を生成するために適用することも考えられている。

【0005】

【特許文献1】

特許第3162398号公報（第7～9頁、第3図）

【0006】

【特許文献2】

特許第3184219号公報（第9～11頁、第1、3図）

【0007】

【特許文献3】

特許第3215218号公報（第10～11頁、第2、8図）

【0008】

【特許文献4】

特開平10-123350号公報（第5～7頁、図3～6）

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

従来、上述のような導光体において、所望の光取り出し効率や、均一な出射光

強度分布を実現する設計条件を簡単に求めることは不可能であった。そこで従来は、所望の特性の導光体を得る上で、光学媒質内に含有させる粒子の粒子径や粒子密度を変えて複数の導光体サンプルを作製し、それらの中から所望の光取り出し効率や均一な出射光強度分布が得られる導光体を選んで使用する手法や、計算機を用いた大がかりなシミュレーションによって設計条件を求める手法が採用されていた。

【0010】

本発明は上記の事情に鑑みて、所望の特性の導光体を簡単に製造することができる方法を提供することを目的とする。

【0011】

また本発明は、上述のような方法を活用して、良好な光取り出し効率および、均一な出射光強度分布を有する導光体を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明による導光体の製造方法は、

前述したように光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させる導光体を製造する方法において、

所望の光取り出し効率を  $E_{out}$ 、補正係数を  $K_C$ 、損失係数を  $K_L$  としたとき、前記粒子の散乱断面積  $\Phi$ 、前記光学媒質の光伝搬方向の長さ  $L_G$ 、粒子密度  $N_p$  を、下式

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdot K_L$$

を満足する値に設定することを特徴とするものである。

【0013】

また本発明による導光体は、

上記のように光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させる導光体において、

前記粒子の散乱断面積を  $\Phi$ 、前記光学媒質の光伝搬方向の長さを  $L_G$ 、粒子密

度を $N_p$ 、補正係数を $K_C$ としたとき、 $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C$ の値が0.9以下、特に好ましくは0.4以下となっていることを特徴とするものである。

## 【0014】

なお、上記構成を有する本発明の導光体は、入射光が入・出射端面以外の各面においてSnell's Lawに従って反射を繰り返すものとし、周囲媒質の屈折率を $N_s$ 、母材の光学媒質の屈折率を $N_m$ 、入射角を $\theta_m$ 、屈折角を $\theta_s$ としたとき、粒子を含有しない場合に $N_m \cdot \sin \theta_m = N_s \cdot \sin \theta_s$ であるならば、 $\sin \theta_s > 1$ を満足する形状の光学媒質から構成されることが望ましい。

## 【0015】

また上記構成を有する本発明の導光体は、少なくとも1つの出射端面から出射する光線が該出射端面での反射・屈折においてSnell's Lawに従うものとし、周囲媒質の屈折率を $N_s$ 、母材となる光学媒質の屈折率を $N_m$ 、入射角を $\theta_m$ 、屈折角を $\theta_s$ としたとき、粒子を含有しない場合に $N_m \cdot \sin \theta_m = N_s \cdot \sin \theta_s$ であるならば、 $\sin \theta_s < 1$ を満足する形状の光学媒質から構成されることが望ましい。

## 【0016】

また本発明の導光体においては、光学媒質に混入する粒子がMie散乱理論に従う非磁性の伝導体粒子であってもよい。また光学媒質において、粒子は粒子密度に勾配を持たせて混入されてもよい。

## 【0017】

さらに本発明の導光体は、複数の光学媒質を組み合わせて構成することも可能である。

## 【0018】

## 【発明の効果】

前述の特許文献1および2には、屈折率不均一構造により、あるいは誘電体粒子を光学媒質に混入・拡散させ、所望の光強度分布を実現するための導光路が提案されている。またこれらの特許文献1および2には、Debyeの濁度 (Turbidity) 理論 (Journal of Applied Physics Vol.20 pp.518~525 (1949)) を応用することにより、散乱光強度を高め、かつ出射口における光強度分布の均一化を実

現できることが記されている。Debyeは、Einsteinの“気体または液体中の誘電率の熱的揺らぎについての理論” (Annalen Der Physik 33 pp.1275~1298 (1910))

の中で、特に散乱光に関する考察を引用しており、上記論文中的Einsteinの式は下の通りである。

【0019】

$$i/I_0 = (RT/N) \cdot [(\epsilon - 1)^2 (\epsilon + 2)^2 / P] \cdot (2\pi/\lambda)^4$$

$$[V / (4\pi D)^2] \cos^2 \theta \dots (1)$$

ここで、 $i$  : 散乱体から距離D離れた位置での光強度

$I_0$  : 入射光の強度

$R$  : 気体定数

$T$  : 絶対温度

$N$  : 1グラム分子中の分子数

$\epsilon$  : 波長 $\lambda$ に対する屈折率の二乗 (誘電率)

$P$  : 流体に加わる圧力

$\lambda$  : 波長

$V$  : 光散乱体の体積

$D$  : 光散乱体と観測点までの距離

$\theta$  : 散乱角

上記Einsteinの式はDebyeにより変形され、下式で表されている。

【0020】

$$i/I = \langle \eta \rangle^2 / \epsilon^2 (\pi^2 V / \lambda^4 R^2) \cdot (1 + \cos^2 \theta) / 2 \cdot \omega \dots (2)$$

ここで、 $i$  : 散乱体から距離D離れた位置での光強度

$I_0$  : 入射光の強度

$\epsilon$  : 散乱体の誘電率

$\langle \eta \rangle^2$  : 散乱体の誘電率の揺らぎの二乗平均値

$R$  : 観測点と散乱体までの距離



$\lambda$  : 波長

$V$  : 光散乱体の全体積

$\theta$  : 散乱角

$\omega$  : 相関体積

$$\text{また、} \omega = 4 \pi \int s \sin(k s r) / k s r \cdot r^2 \gamma(r) dr \cdots (3)$$

$k$  : 波数

$s$  : 入射光の単位ベクトルと出射光の単位ベクトルの合成ベクトルの長さ

$r$  : 誘電率揺らぎを生じている 2 点間の距離

$$s = 2 \sin(\theta/2) \quad \text{である。}$$

【0021】

Debyeによれば、相関体積 $\omega$ は相関関数 $\gamma(r)$ を

$$\gamma(r) = \exp(-r/a) \quad (a : \text{相関距離})$$

とおくと積分でき、故に(3)式は、

$$\omega = 8 \pi a^3 / (1 + k^2 s^2 a^2)^2 \cdots (4)$$

で表される。

【0022】

(2)、(4)式より、

$$i/I = \langle \eta \rangle^2 / \epsilon^2 (\pi^2 V / \lambda^4 R^2) \cdot (1 + \cos^2 \theta) / 2 \cdot 8 \pi a^3 / (1 + k^2 s^2 a^2)^2$$

ここで、 $s = 2 \sin(\theta/2)$ を用いて(2)式は、

$$i/I = 4 \pi a^3 \langle \eta \rangle^2 / \epsilon^2 (\pi^2 V / \lambda^4 R^2) \cdot (1 + \cos^2 \theta) / (1 + 8 \pi^2 (1 - \cos \theta) (a/\lambda)^2)^2 \cdots (5)$$

となる。(4)式の散乱角強度の項は、以下で示される。

【0023】

$$f(\theta) = (1 + \cos^2 \theta) / (1 + 8 \pi^2 (1 - \cos \theta) (a/\lambda)^2)^2 \cdots (6)$$

この(6)式を代表的な $(a/\lambda)$ の値毎に計算して、散乱角規格化強度を求めた結果を図1に示す。また、Mie散乱理論に基づいて、代表的な粒子径 $D_p$ の値

毎に散乱角規格化強度を求めた結果を図2に示す。

【0024】

特許文献1、2および3によれば、粒子径はほぼ相関距離に等しいと考えることができるので、図1より、粒子径が波長と同程度の大きさであれば前方散乱光の強度が強くなるが、粒子径が波長の10倍を超えると側方散乱光の強度が極めて強くなり、もはや前方には光が進行しないことが分かる。一方、Mie散乱理論によれば、図2から明らかなように、粒子径が波長の10倍を超えても前方散乱光の強度はなお強い。Debyeの濁度理論は、 $\gamma(r) = \exp(-r/a)$ で近似した場合、粒子径が波長と同程度の場合は、Mie散乱の結果に近いが、それよりも大きい粒子径に対しては、Mie散乱理論と大きくずれを生じていることが分かる。

【0025】

以上の考察から、所望の光学媒質に光散乱を生じさせる粒子を混入し、入射した光を均一な強度分布として出射させるために用いる計算手法として、粒子の大きさが波長よりも非常に小さい場合にはRayleigh散乱を表し、非常に大きい場合はHoygens-Fresnel回折を表す、Mie散乱理論がより適切であると考えられる。さらに、Mie散乱理論は1粒子系であり、多粒子の散乱に対しては、Mie散乱理論に基づいた多粒子系での解析が必要であると考えられる。

【0026】

本発明による導光体の製造方法は、以上の考察に基づいて、所望の光取り出し効率を実現する導光体の設計条件を簡単に求められるようにしたものであり、以下、この方法を詳しく説明する。

【0027】

<散乱断面積>

まず、散乱断面積 $\Phi$ について説明する。Mie散乱理論に限らず、また可視域の光以外に、 $\gamma$ 線やX線等の放射線領域や赤外線やマイクロ波等の長波長領域において、散乱断面積という概念が広く用いられている。粒子径と波長の関係がRayleigh領域にある場合、散乱断面積 $\Phi$ は、

$$\Phi = 128 \cdot \pi^5 \cdot (a_p^6 / 3 \lambda^4) \cdot \{ (n^2 - 1) / (n^2 + 2) \}^2 \cdot \cdot ($$

7)

ただし  $a_p$  : 粒子半径  
 $\lambda$  : 入射光の波長  
 $n$  : 相対屈折率

で表される。

【0028】

一方、Mieの理論において、散乱断面積 $\Phi$ は下の(8)式で表される。

【0029】

【数1】

$$\Phi = (\lambda^2 / 2\pi) \sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \cdot [|a_n|^2 + |b_n|^2] \cdots \cdots (8)$$

$\lambda$  : 入射光の波長

$$a_n = \frac{\phi_n(\alpha) \cdot \phi'_n(\beta) - N \cdot \phi_n(\beta) \cdot \phi'_n(\alpha)}{\zeta_n(\alpha) \cdot \phi'_n(\beta) - N \cdot \phi_n(\beta) \cdot \zeta'_n(\alpha)}$$

$$b_n = \frac{N \cdot \phi_n(\alpha) \cdot \phi'_n(\beta) - \phi_n(\beta) \cdot \phi'_n(\alpha)}{N \cdot \zeta_n(\alpha) \cdot \phi'_n(\beta) - \phi_n(\beta) \cdot \zeta'_n(\alpha)}$$

$$\phi_n(kr) = (\pi kr / 2) \cdot J_{n+1/2}(kr)$$

$J_{n+1/2}(kr)$  : 第1種Bessel関数

$k$  : 波数 ( $2\pi/\lambda$ )

$r$  : 極座標における距離成分

$\phi_n'$  :  $\phi_n$ の導関数

$$\zeta_n(kr) = \phi_n(kr) + j \cdot \chi_n(kr)$$

$$\chi_n(kr) = -(\pi kr / 2) \cdot N_{n+1/2}(kr)$$

$N_{n+1/2}(kr)$  : Neumannの第2種Bessel関数

$\zeta_n'$  :  $\zeta_n$ の導関数

$$\alpha = 2\pi a / \lambda$$

$$\beta = N \cdot \alpha$$

上記(8)式の  $a/\lambda \gg 1$  の極限では、散乱断面積 $\Phi$ は、

$$\Phi = M\pi a_p^2 \quad (\text{収束時: } M \doteq 2) \cdots \cdots (9)$$

である。そして(8)式より、 $2\pi a_p / \lambda \doteq 1$ の領域では、上記 $M$ が  $1 < M < 6$  の間で振動することが分かっている。

【0030】

ここで図 3 a、b および c にそれぞれ、相対屈折率  $n$  が 1.1、1.5、2.1 である場合の  $M$  の振動の様子を示す。これらの図より、Mie 散乱領域における散乱断面積  $\Phi$  は、粒子径  $D_p$  の増大により振動・収束して行くことが分かる。この振動領域においても、相対屈折率  $n$  が 1 から 2 程度の広い範囲で、Mie 散乱領域の収束する幾何学的散乱断面積  $\pi a_p^2$  に乗ずる数値を、図 3 a ~ c により各粒子径に応じて求めることが可能である。

## 【 0 0 3 1 】

上述の (7)、(9) 式に基づいて粒子径  $D_p$  と散乱断面積  $\Phi$  との関係を、いくつかの相対屈折率  $n$  毎に求めた結果を図 4 に示す。一方、Mie 散乱理論に基づいて、多粒子系の粒子径  $D_p$  と、ある数値を乗じた粒子密度の逆数との関係を計算機シミュレーションで求めた結果を図 5 に示す。

## 【 0 0 3 2 】

なお、これらの計算機シミュレーションでは、ある有限の拡がり角をもつ光を、内部に粒子を含有する 10 mm 角から 1000 mm 角の各種の大きさの立方体形状を持つ光学媒質に入射させたものとしている。すなわち、入射光と立方体の大きさは相似的に変化する。また粒子径  $D_p$  は Rayleigh 散乱領域から Fresnel 回折領域に至るまでの幅広い範囲で変化させた。またこれらの計算機シミュレーションでは、光は入射側と対向する位置から入射光と同方向に出射するものとし、そして立方体の光の出射端における光の取り出し効率は約 80 % としている。

## 【 0 0 3 3 】

これらの図 4 および 5 より、散乱断面積と、有限の大きさの光学媒質中の粒子数との間に密接な関係が有ることが分かる。

## 【 0 0 3 4 】

## ＜Lambert-Beer 則と散乱断面積＞

平行光束を等方媒質に入射させた場合の透過率  $T$  は、Lambert-Beer 則により

$$T = I / I_0 = \exp(-\rho \cdot x) \cdots \cdots (10)$$

ここで  $x$  : 距離

$I_0$  : 入射光強度

$I$  : 出射光強度

$\rho$  : 減衰定数

で表される。

【0035】

上記減衰定数  $\rho$  は、粒子の散乱断面積を  $\Phi$ 、媒質に含まれる単位体積当たりの粒子数を  $N_p$  とすると

$$\rho = \Phi \cdot N_p \cdot K_C \cdots (11)$$

であると考えられる。ここで、 $K_C$  は有限の空間の光学媒質中で光が伝搬する場合に経験的に求められる無次元の補正係数である。

【0036】

そして、導光体を設計する上で一般に必要なとされるパラメータは、光学媒質の体積  $V$ 、混入粒子数  $N_{PT}$  および粒子径  $D_p$  であり、その場合に出射光強度がどのように変化するか検討する。

【0037】

ここで、 $N_p = N_{PT} / V$  である。さらに、図4と図5との比較・類推並びに図示しないいくつかのデータから  $K_C$  は決定される。本計算においては、図4、図5並びに図示しないいくつかのデータから  $K_C = 0.004$  が得られた。粒子径  $D_p$  と散乱断面積  $\Phi$  は、(7)、(9) 式より対応付けられ、故に、光学媒質の光軸方向への長さを  $L_G$  とすると、光の取り出し効率  $E_{out}$  は、

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdots (13)$$

で与えられる。この(13)式より、 $\Phi \cdot N_p \cdot L_G = \text{CONST.}$  とすれば取り出し効率を一定にできることが分かる。つまり、光学媒質の光軸方向への長さ  $L_G$  に応じて  $N_p$  を変化させればよい。

【0038】

さらに、粒子が存在しない場合に、立体の形状、入射光の強度分布、入射角度に依存するFresnel損失と、内部透過率等を総合した損失係数  $K_L$  で表せば、上記(13)式は、

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdot K_L \cdots (14)$$

となる。

【0039】

すなわち、粒子の散乱断面積 $\Phi$ 、粒子密度 $N_p$ 、光学媒質の光伝搬方向の長さ $L_G$ 、補正係数 $K_C$ および損失係数 $K_L$ により取り出し効率 $E_{out}$ を決定できる。言い換えれば、所望の光取り出し効率 $E_{out}$ が与えられたとき、上記(14)式を満足させれば、その光取り出し効率 $E_{out}$ が実現される。

【0040】

&lt;Fresnel損失因子&gt;

Fresnel損失は、まず反射率を考え、p偏光成分を $R_p$ 、s偏光成分を $R_s$ とすれば

$$R_p = \tan(\theta_i - \theta_r) / \tan(\theta_i + \theta_r) \cdots (15a)$$

$$R_s = -\sin(\theta_i - \theta_r) / \sin(\theta_i + \theta_r) \cdots (15b)$$

ここで、 $\theta_i$ : 入射角

$\theta_r$ : 屈折角

となる。故に反射光の強度 $I_r$ は、(15a)、(15b)式より

$$I_r = (R_p^2 + R_s^2) / 2 \cdots (16)$$

この(16)式より透過光強度 $I_t$ は、

$$I_t = 1 - I_r \cdots (17)$$

となり、入射光の強度分布を考慮した透過光強度を $I_t'$ すると(17)式は、

$$I_t'(\theta_i) = I_t(\theta_i) \cdot D(\theta_i) \cdots (18)$$

$D(\theta_i)$ : 強度分布関数

となる。

【0041】

&lt;Fresnel損失の算出&gt;

任意の拡がり角の有る光束が光学媒質に入射する場合、任意の入射角 $\theta_i$ に対し、Fresnel損失は変化する。光束の最大入射角を $\theta_{max}$ とすると、境界面におけるFresnel損失は、

【数2】

$$\int_0^{\theta_{max}} I_t(\theta_i) \cdot D(\theta_i) d\theta_i / \int_0^{\theta_{max}} D(\theta_i) d\theta_i \cdots (19)$$

で表される。

【0042】

ここで、計算の簡素化のために入射光の強度分布を矩形とすると上記（19）式は

【数3】

$$\int_0^{\theta_{\max}} I_t(\theta_i) d\theta_i / \int_0^{\theta_{\max}} d\theta_i \quad \dots\dots\dots (20)$$

となる。この（20）式に基づいて、光学媒質の種々屈折率に対するFresnel損失を求めた結果を図6に示す。なおこの図6では、縦軸に透過率を取って損失を示してある。つまり、透過率1が損失0（ゼロ）である。

【0043】

<Fresnel損失を含む光取り出し効率の算出>

上記の図6から、入射角が30°以下の場合、光学媒質の屈折率と周囲媒体の屈折率が大きく異なっている場合、Fresnel損失はほぼ同じになることが分かる。今、光学媒質が直方体（立方体、円筒なども同じ）の場合、反射・屈折において光線の方向余弦は保存され、入射角と出射角は粒子が存在しない場合、同じになると考えられる。また、内部透過率 $T_{in} \approx 1$ と近似できる場合は、入射面の透過率と出射面の透過率の積が全透過率 $T_{total}$ となる。よって光学媒質の屈折率を $n = 1.5$ とすると、 $T_{total} = 0.92$ となる。

【0044】

故に（14）式は、

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdot 0.92 \dots\dots (14b)$$

となる。この（14b）式により、粒子径と光取り出し効率との関係を求めた結果を図7a～eに示す。なお、入射光の強度に分布が有る場合や、入射光の入射角度が30°以上になる場合は、（19）式、（20）式によりFresnel損失を求め（14b）式に代入すればよい。ただし、出射時には臨界角を考慮して、入射光の広がり半角で30°程度にするのが望ましい。

【0045】

上記の図7a～eは、本計算方法において、まず各粒子径の平均的な狙いの光取り出し効率を定め、それに対し各粒子径における計算値（10mmC、100mmC、1000mmC）と本計算で用いた粒子径、粒子密度による精密なシミュレーション（S 10mm、S 100mm、S 1000mm）の結果を示している。平均的な狙いの光取り出し効率は、図7a、7b、7c、7d、7eにおいてそれぞれ80%、70%、60%、50%、40%である。散乱断面積 $\Phi$ は、粒子径20nmの場合はRayleigh理論により、また粒子径200nm以上についてはMie理論により求めた。Sはシミュレーションを表し、Cは本計算によることを表している。また数値は光学媒質の光伝搬方向の長さ $L_G$ を表している。

## 【0046】

この図7a～eによれば、平均的な狙いの光取り出し効率が60%以上であれば、精密なシミュレーションの結果と10%未満の誤差におさまっており、よく一致していることが分かる。すなわち、言い換えれば、 $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C$ の値が0.4以下であれば、誤差が10%未満におさまることを表している。また、上記値が0.9以下であっても、誤差は50%未満におさまることを同時に表している。なお $K_L$ の値は、経験的に求めた値0.92を用いた。シミュレーションや試作を行う上では、誤差が50%程度生じていても、光取り出し効率の狙いを付けるためには特に問題無いと考えられる。言うまでもなく、誤差が10%未満であればシミュレーションをする必要性は無く、また数種類のサンプルを評価し、絞り込む必要性が無くなるため、開発効率が向上するという効果が得られる。

## 【0047】

上述の結果から、Mie散乱の複雑な理論に頼らなくても、比較的簡便なRayleigh領域とMie散乱収束領域の結果を基に（14）式を用いて、光の取り出し効率について見通しの良い解を得ることが可能であると考えられる。本発明方法は、この知見に鑑みてなされたものであり、前述のように

$$E_{out} = \exp \{ - (\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C) \} \cdot K_L$$

を満足させることにより、所望の光取り出し効率 $E_{out}$ を実現する。



【0048】

＜計算例＞

(14) 式に基づいて他の形状つまりシート状直方体、円筒（シリンダー）、直方体について計算した結果を、表1～9および図16a～iに示す。なお、表1の数値をグラフに表したものが図16aであり、以下同様に、表2と図16b、表3と図16c…と順次対応している。これらの表中の計算結果において、 $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C$ の値はいずれも0.9以下になっている。なおいずれの場合も、 $K_L$ の値は0.92である。

【0049】

【表1】

Eout=0.8					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>o</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	1.0×10 <sup>13</sup>	4×1×20	84	87
		2.5×10 <sup>12</sup>	16×1×80		88
		6.3×10 <sup>11</sup>	64×1×320		88
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	3.0×10 <sup>7</sup>	4×1×20	89	89
		7.5×10 <sup>6</sup>	16×1×80		89
		1.9×10 <sup>5</sup>	64×1×320		89
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	3.0×10 <sup>5</sup>	4×1×20	68	75
		7.5×10 <sup>4</sup>	16×1×80		76
		1.9×10 <sup>4</sup>	64×1×320		76
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	3.0×10 <sup>3</sup>	4×1×20	79	86
		7.5×10 <sup>2</sup>	16×1×80		86
		1.9×10 <sup>2</sup>	64×1×320		86
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	3.0×10 <sup>1</sup>	4×1×20	79	90
		7.5×10 <sup>0</sup>	16×1×80		90
		1.9×10 <sup>0</sup>	64×1×320		90
直方体（シート） 注）S I M：シミュレーション					

【表 2】

Eout=0.7					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>g</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	2.0×10 <sup>13</sup>	4×1×20	78	82
		5.0×10 <sup>13</sup>	16×1×80		83
		1.3×10 <sup>12</sup>	64×1×320		83
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	6.0×10 <sup>7</sup>	4×1×20	85	85
		1.5×10 <sup>7</sup>	16×1×80		85
		3.8×10 <sup>6</sup>	64×1×320		84
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	4.5×10 <sup>5</sup>	4×1×20	59	65
		1.1×10 <sup>5</sup>	16×1×80		65
		2.8×10 <sup>4</sup>	64×1×320		58
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	4.5×10 <sup>3</sup>	4×1×20	73	79
		1.1×10 <sup>3</sup>	16×1×80		79
		2.8×10 <sup>2</sup>	64×1×320		70
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	4.5×10 <sup>1</sup>	4×1×20	73	86
		1.1×10 <sup>1</sup>	16×1×80		86
		2.8×10 <sup>0</sup>	64×1×320		78
直方体 (シート) 注) S I M : シミュレーション					

【表 3】

Eout=0.6					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>g</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	3.2×10 <sup>13</sup>	4×1×20	70	78
		8.0×10 <sup>12</sup>	16×1×80		79
		2.0×10 <sup>12</sup>	64×1×320		79
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	1.2×10 <sup>8</sup>	4×1×20	79	78
		3.0×10 <sup>7</sup>	16×1×80		78
		7.5×10 <sup>6</sup>	64×1×320		77
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	9.0×10 <sup>5</sup>	4×1×20	37	41
		2.3×10 <sup>5</sup>	16×1×80		40
		5.6×10 <sup>4</sup>	64×1×320		36
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	9.0×10 <sup>3</sup>	4×1×20	59	60
		2.3×10 <sup>3</sup>	16×1×80		60
		5.6×10 <sup>2</sup>	64×1×320		52
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	9.0×10 <sup>1</sup>	4×1×20	59	73
		2.3×10 <sup>1</sup>	16×1×80		73
		5.6×10 <sup>0</sup>	64×1×320		64
直方体 (シート) 注) S I M : シミュレーション					

【表 4】

Eout=0.8					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	φ×L <sub>g</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	6.7×10 <sup>12</sup>	2×30	84	87
		6.7×10 <sup>11</sup>	20×300		87
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	2.0×10 <sup>7</sup>	2×30	89	88
		2.0×10 <sup>6</sup>	20×300		88
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	2.0×10 <sup>5</sup>	2×30	68	71
		2.0×10 <sup>4</sup>	20×300		71
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	2.0×10 <sup>3</sup>	2×30	79	83
		2.0×10 <sup>2</sup>	20×300		83
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	2.0×10 <sup>1</sup>	2×30	79	88
		2.0×10 <sup>0</sup>	20×300		88
シリンダー 注) S I M : シミュレーション					

【表 5】

Eout=0.7					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	φ×L <sub>a</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	1.3×10 <sup>13</sup>	2×30	78	83
		1.3×10 <sup>12</sup>	20×300		82
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	4.0×10 <sup>7</sup>	2×30	86	84
		4.0×10 <sup>6</sup>	20×300		84
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	3.0×10 <sup>5</sup>	2×30	59	59
		3.0×10 <sup>4</sup>	20×300		59
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	3.0×10 <sup>3</sup>	2×30	73	75
		3.0×10 <sup>2</sup>	20×300		74
200000 0	6.3×10 <sup>-8</sup>	3.0×10 <sup>1</sup>	2×30	73	83
		3.0×10 <sup>0</sup>	20×300		83
シリンダー 注) S I M : シミュレーション					

【表 6】

Eout= 0. 6					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	φ×L <sub>G</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
2 0	1.1×10 <sup>-22</sup>	2.1×10 <sup>13</sup>	2×30	70	78
		2.1×10 <sup>12</sup>	20×300		78
2 0 0	1.5×10 <sup>-14</sup>	1.0×10 <sup>8</sup>	2×30	79	72
		1.0×10 <sup>7</sup>	20×300		72
2 0 0 0	12.6×10 <sup>-12</sup>	5.1×10 <sup>5</sup>	2×30	44	40
		5.1×10 <sup>4</sup>	20×300		41
2 0 0 0 0	6.3×10 <sup>-10</sup>	5.1×10 <sup>3</sup>	2×30	65	59
		5.1×10 <sup>2</sup>	20×300		59
2 0 0 0 0 0	6.3×10 <sup>-8</sup>	5.1×10 <sup>1</sup>	2×30	65	72
		5.1×10 <sup>0</sup>	20×300		72
シリンダー		注) S I M : シミュレーション			

【表 7】

Eout=0.8					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>g</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	2.5×10 <sup>12</sup>	50×50×80	84	88
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	7.5×10 <sup>6</sup>		89	88
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	7.5×10 <sup>4</sup>		68	71
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	7.5×10 <sup>2</sup>		79	81
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	7.5×10 <sup>0</sup>		79	86
直方体			注) S I M : シミュレーション		

【表 8】

Eout=0.7					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>g</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	1.1×10 <sup>-22</sup>	5.0×10 <sup>12</sup>	50×50×80	78	84
200	1.5×10 <sup>-14</sup>	1.4×10 <sup>7</sup>		86	85
2000	12.6×10 <sup>-12</sup>	1.4×10 <sup>5</sup>		53	57
20000	6.3×10 <sup>-10</sup>	1.4×10 <sup>3</sup>		70	70
200000	6.3×10 <sup>-8</sup>	1.4×10 <sup>1</sup>		70	78
直方体			注) S I M : シミュレーション		

【表 9】

E <sub>out</sub> = 0.6					
粒子径 (nm)	散乱断面積 (m <sup>2</sup> )	粒子密度 (個/mm <sup>3</sup> )	W×T×L <sub>0</sub> (mm)	取り出し効率 (14)式 (%)	取り出し効率 S I M (%)
20	$1.1 \times 10^{-22}$	$8.0 \times 10^{12}$	50×50×80	70	78
200	$1.5 \times 10^{-14}$	$2.3 \times 10^7$		82	80
2000	$12.6 \times 10^{-12}$	$2.3 \times 10^5$		37	43
20000	$6.3 \times 10^{-10}$	$2.3 \times 10^3$		58	58
200000	$6.3 \times 10^{-8}$	$2.3 \times 10^1$		58	68
直方体			注) S I M : シミュレーション		

図 16 a～i において (C)、(S) はそれぞれ本計算の結果、精密なシミュレーションの結果を表している。また数値は光学媒質の寸法 (mm) である。また狙いの光取り出し効率は、各粒子径における平均としている。表 1～9 および図 16 a～i から明らかなように、本計算の結果とシミュレーション結果とがよく一致していることが分かる。特に粒子径 2000 nm における結果は、本計算方法がシミュレーションに一致することをより一層明白にしている。

## 【0050】

## ＜出射光強度分布特性＞

出射光強度分布特性は、光源の強度分布、広がり角、光源の数と配置などに影響を受けるため、シミュレーションにて評価した。そのようにして求めた粒子径毎の出射光強度分布特性を図 8～10 に示す。ここで、光源は光学媒質の入射側断面の中心に位置させたものとし、広がり角を半角で 30° とした。図 8 a、b、c は表 1 と同じ条件でシート状直方体の場合についてシミュレーションした結果であり、それぞれシートサイズが小、中、大の場合を示している。また図 9 a、b は表 4 と同じ条件でシリンダーの場合についてシミュレーションした結果であり、それぞれシリンダーサイズが小、大の場合を示している。また図 10 は表 7 と同じ条件で直方体の場合についてシミュレーションした結果である。

## 【0051】

これらの図から、断面が矩形の光学媒質において光取り出し効率 90% 前後で、ほぼ均一な強度分布が実現されていることが分かる。また、シリンダー状光学媒質において、光取り出し効率は同じであっても粒子径が 200 nm 未満の場合

、出射光強度分布はむしろ狭くなっており、均一分布が必要な場合はこの粒子径範囲は避けるべきであることが分かる。以上の考察および計算機シミュレーションから、任意の光学媒質に光散乱を生じさせる粒子を混入して導光体を製造する場合には、まず(14)式に基づいて、各粒子径による散乱断面積、粒子密度、光学媒質の寸法などから、光取り出し効率を予め絞り込むこともできる。そしてさらに、光強度分布特性を精密なシミュレーションにより求めるようにしてもよい。あるいは、(14)式から予め絞り込んだ条件に沿って数種類のサンプルを製作し、実験的に評価することも可能である。

## 【0052】

また本発明の導光体は、前述した通り $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot KC \leq 0.4$ の関係を満足する構成としたことにより、シミュレーションとの誤差が10%未満におさまるので、良好な光取り出し効率および、均一な出射光強度分布を実現することができる。

## 【0053】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

## 【0054】

図11は、本発明の第1の実施の形態によるシート状導光体の概略平面形状を示すものである。光通信用のバスとしてシート状導光体が提案されている。ここで、双方向に通信するためには透過型が必要になる。本実施の形態の導光体はこの透過型のシート状導光体10であり、その一端面に複数の光ファイバ21、22および23が接続されるとともに、他端面に光ファイバ31、32および33が接続される。その際、各光ファイバに効率良く均等に光量を分配することが求められる。また、シート状導光体自身の減衰と光ファイバへの結合損失から、光取り出し効率 $E_{out}$ は0.9以上とし、また出射光強度分布については、導光体の出射端の最大光強度、最小光強度をそれぞれ $I_{max}$ 、 $I_{min}$ として

$$(I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min}) \times 100 < 10 (\%)$$

であることが望ましい。

## 【0055】

上述のように  $E_{out} \geq 0.9$  を実現するために、直径  $7 \mu m$  の粒子を使用するものとし、 $E_{out} = 0.9$  とし、前述の (14b) 式を用いて設計条件を求めると、下記の通りとなる。

【0056】

散乱断面積： $\Phi = 7.7 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)}$

シートバス長： $L_G = 20 \text{ (mm)}$

粒子密度： $N_p = 1.4 \times 10^4 \text{ (個/mm}^3\text{)}$

なお、この場合の  $\Phi \cdot N_p \cdot L_G \cdot K_C$  の値は 0.022 であり、 $K_L$  の値は 0.92 である。また、このシート状導光体における出射光強度分布を図 12 に示す。そしてこの場合、シミュレーションによる光取り出し効率  $E_{out}$  (SIM) は、0.91 であった。

【0057】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。写真分野で用いられるネガ照明系の一つとして、拡散照明系を構成するミラーボックスが知られている。図 13 は、そのようなミラーボックスを用いたネガ照明系を示すものである。この系において、光源 40 から発せられた照明光 41 は、調光フィルタ 42 を通してミラーボックス 43 に入射される。このミラーボックス 43 中で拡散して強度が均一化された照明光 41 はネガフィルム 44 に照射され、こうして照明されたネガフィルム 44 の像が、結像レンズ 45 によってカラーペーパー等の印画紙 46 上に結像される。なお、いわゆるデジタルラボ等においては、上記ネガフィルム 44 の像を読み取る CCD 等の撮像素子 47 が印画紙 46 に替えて配置され、ここで読み取られた像が図示外の画像記録系において印画紙に書き込まれる。

【0058】

ここで、ミラーボックス 43 の出射面の寸法はネガフィルム 44 の 1 コマのサイズよりかなり大きく、例えば 135 サイズのネガフィルム 44 に対応する場合約 60 mm 角である。またその光伝搬方向の寸法は、約 100 mm である。また、デジタルミニラボではライン照明の場合、出射口における光パワー密度を向上させる目的でテーパ型のミラーボックスが、エリア照明の場合はアナログミニラボと同じ形状のミラーボックスが用いられ、光源 40 にはハロゲンランプや LED が採

用されている。

【 0 0 5 9 】

ミラーボックス43において重要な点は、ネガフィルム44の画像部分において強度分布がほぼフラットになっている光を出射させることである。また特にデジタルミニラボにおいては、撮像素子47としてCCDが用いられるので、アナログミニラボほどのフラットネスは必要ないが、CCDの飽和電子数と結像レンズ45のシェーディングを考慮すると、出射光強度分布は10%未満であることが望ましい。

【 0 0 6 0 】

本実施の形態の導光体は、上記のようなミラーボックス43の中の特にエリア照明タイプのものに替えて使用されるものである。粒子は、ネガに照射することを考慮し、可視域で散乱断面積の波長依存性の少ない粒子径 $10\mu\text{m}$ のものを使用する。 $E_{\text{out}}=0.9$ とし、前述の(14b)式を用いて設計条件を求めると、下記の通りとなる。

【 0 0 6 1 】

導光体寸法： $W \times T \times L_G = 60 \times 60 \times 100 \text{ (mm)}$

散乱断面積： $\Phi = 1.57 \times 10^{-4} \text{ (mm}^2\text{)}$

導光体長： $L_G = 100 \text{ (mm)}$

粒子密度： $N_p = 1.4 \times 10^3 \text{ (個/mm}^3\text{)}$

また、この導光体における中心部の出射光強度分布を図14aに、そして3次元の出射光強度分布を図14bに示す。この場合、シミュレーションによる光取り出し効率 $E_{\text{out}}$  (SIM) は0.9であった。ちなみに、光取り出し効率 $E_{\text{out}}$ を0.8とした場合、粒子密度は $N_p = 2.2 \times 10^3 \text{ (個/mm}^3\text{)}$ であり、この場合の光取り出し効率 $E_{\text{out}}$  (SIM) は0.74となり、良好な一致が見られる。また出射光強度分布は、約60%の範囲つまり $36 \times 36 \text{ mm}$ の範囲で10%未満を達成している。

【 0 0 6 2 】

次に、本発明の第3の実施の形態について説明する。本実施の形態の導光体は、上記のようなミラーボックス43の中の特にライン照明タイプのものに替えて使



用されるものである。上記と同様に粒子径  $10\ \mu\text{m}$  のものを使用し、 $E_{\text{out}} = 0.9$  とし、前述の (14b) 式を用いて設計条件を求めると、下記の通りとなる。

## 【 0 0 6 3 】

導光体寸法： $W \times T \times L_G = 30 \times 2 \times 60\ (\text{mm})$

散乱断面積： $\Phi = 1.57 \times 10^{-4}\ (\text{mm}^2)$

導光体長： $L_G = 60\ (\text{mm})$

粒子密度： $N_p = 8.0 \times 10^2\ (\text{個}/\text{mm}^3)$

また、この導光体における中心部の出射光強度分布を図 15 に示す。この場合、シミュレーションによる光取り出し効率  $E_{\text{out}}(\text{SIM})$  は、 $0.91$  であった。また前記と同様に光取り出し効率  $E_{\text{out}}$  を  $0.8$  とした場合、粒子密度は  $N_p = 3.6 \times 10^3\ (\text{個}/\text{mm}^3)$  であり、この場合の光取り出し効率  $E_{\text{out}}(\text{SIM})$  は  $0.8$  と全く同じ値が得られた。また出射光強度分布は、約  $80\%$  の範囲で  $10\%$  未満を達成している。さらに、従来のテーパ型ミラーボックスの寸法は、 $W \times T \times L = 50 \times 30 \times 100\ (\text{mm})$  程度もあり、今回検討した導光体に置き換えることにより、光学系がコンパクトになるというメリットがある。なお、以上説明した第 2、3 の実施形態の照明系において光源は単一であり、出射光の広がり角を半角で  $30$  度としている。さらに均一な強度分布を必要とする場合は、光源の数を増せば良好になることはいうまでもない。また、上記実施の形態においては、光学媒質の光軸が直線であるが、光軸が折れ曲がった形状の光学媒質においても (14) 式、(19) 式により計算・評価が可能であるし、さらに複数の光学媒質の組み合わせも可能である。

## 【 0 0 6 4 】

また、(14) 式には入射断面形状について制限するパラメータは何も含まれていない。逆にいえば、あらゆる断面形状について (14) 式にて評価することが可能であることを示している。さらに (14) 式における散乱断面積は、粒子が球形の場合に限らず、あらゆる形状において求めることが可能である。

## 【 0 0 6 5 】

すなわち、単位粒子密度における平均的散乱断面積を計算或いは実質的には測

定により予め求めておけば、ただちに（１４）式から光取り出し効率を求められる。様々な粒子径を含有させる場合もいうまでもなく可能である。この場合シミュレーションが不可能であっても製造条件の絞込みが可能になり、絞り込んだ条件に幅を持たせた試作サンプルを製作し、評価することで、開発効率も向上する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

Debye濁度理論による散乱角規格化強度を示すグラフ

【図 2】

Mieの散乱理論による散乱角規格化強度を示すグラフ

【図 3 a】

Mieの理論において、散乱断面積が振動する様子を相対屈折率が1.1のときについて示すグラフ

【図 3 b】

Mieの理論において、散乱断面積が振動する様子を相対屈折率が1.5のときについて示すグラフ

【図 3 c】

Mieの理論において、散乱断面積が振動する様子を相対屈折率が2.1のときについて示すグラフ

【図 4】

粒子径と散乱断面積との関係を、いくつかの相対屈折率毎に計算機シミュレーションで求めた結果を示すグラフ

【図 5】

多粒子系の粒子径と粒子密度の逆数との関係を、計算機シミュレーションで求めた結果を示すグラフ

【図 6】

光学媒質の種々屈折率に対するFresnel損失を示すグラフ

【図 7 a】

粒子径と光取り出し効率との関係を、本発明方法と計算機シミュレーションで

求めた結果を比較して示すグラフ（光取り出し効率 8 0 % 狙い）

【図 7 b】

粒子径と光取り出し効率との関係を、本発明方法と計算機シミュレーションで求めた結果を比較して示すグラフ（光取り出し効率 7 0 % 狙い）

【図 7 c】

粒子径と光取り出し効率との関係を、本発明方法と計算機シミュレーションで求めた結果を比較して示すグラフ（光取り出し効率 6 0 % 狙い）

【図 7 d】

粒子径と光取り出し効率との関係を、本発明方法と計算機シミュレーションで求めた結果を比較して示すグラフ（光取り出し効率 5 0 % 狙い）

【図 7 e】

粒子径と光取り出し効率との関係を、本発明方法と計算機シミュレーションで求めた結果を比較して示すグラフ（光取り出し効率 4 0 % 狙い）

【図 8 a】

シート状導光体における出射光強度分布特性を、シートサイズが小の場合について示すグラフ

【図 8 b】

シート状導光体における出射光強度分布特性を、シートサイズが中の場合について示すグラフ

【図 8 c】

シート状導光体における出射光強度分布特性を、シートサイズが大の場合について示すグラフ

【図 9 a】

シリンダー状導光体における出射光強度分布特性を、シリンダーサイズが小の場合について示すグラフ

【図 9 b】

シリンダー状導光体における出射光強度分布特性を、シリンダーサイズが大の場合について示すグラフ

【図 1 0】

直方体状導光体における出射光強度分布特性を示すグラフ

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施の形態によるシート状導光体の概略形状を示す平面図

【図 1 2】

上記シート状導光体における出射光強度分布を示すグラフ

【図 1 3】

本発明の第 2 の実施の形態による導光体が適用される照明系を示す側面図

【図 1 4 a】

上記第 2 の実施の形態による導光体における中心部の出射光強度分布を示すグラフ

【図 1 4 b】

上記第 2 の実施の形態による導光体における 3 次元の出射光強度分布を示すグラフ

【図 1 5】

本発明の第 3 の実施の形態による導光体における中心部の出射光強度分布を示すグラフ

【図 1 6 a】

シート状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：80%）

【図 1 6 b】

シート状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：70%）

【図 1 6 c】

シート状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：60%）

【図 1 6 d】

シリンダー状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：80%）

【図 1 6 e】

シリンダー状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：70%）

【図 1 6 f】

シリンダー状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：60%）

【図 1 6 g】

直方体状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：80%）

【図 1 6 h】

直方体状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：70%）

【図 1 6 i】

直方体状導光体における粒子径と光取り出し効率との関係を、計算とシミュレーションとの場合とで比較して示すグラフ（平均光取り出し効率：60%）

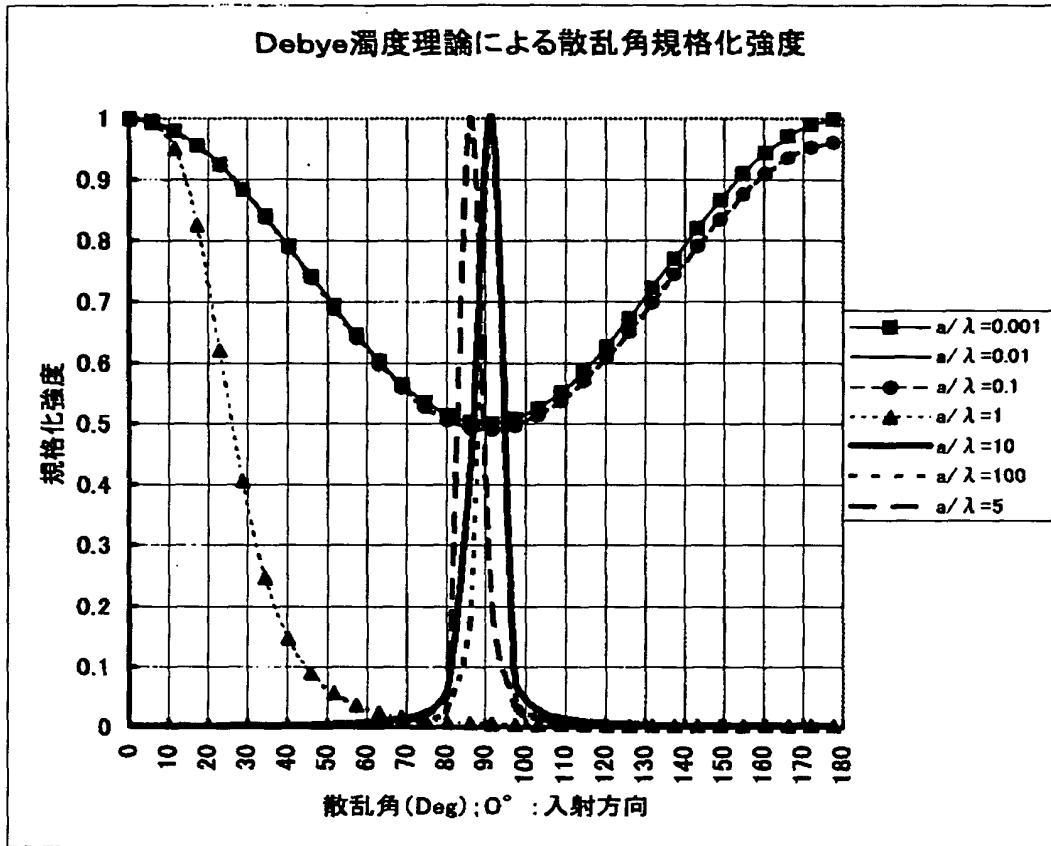
【符号の説明】

- 10 シート状導光体
- 21、22、23、31、32、33 光ファイバ
- 40 光源
- 41 照明光
- 42 調光フィルタ
- 43 ミラーボックス

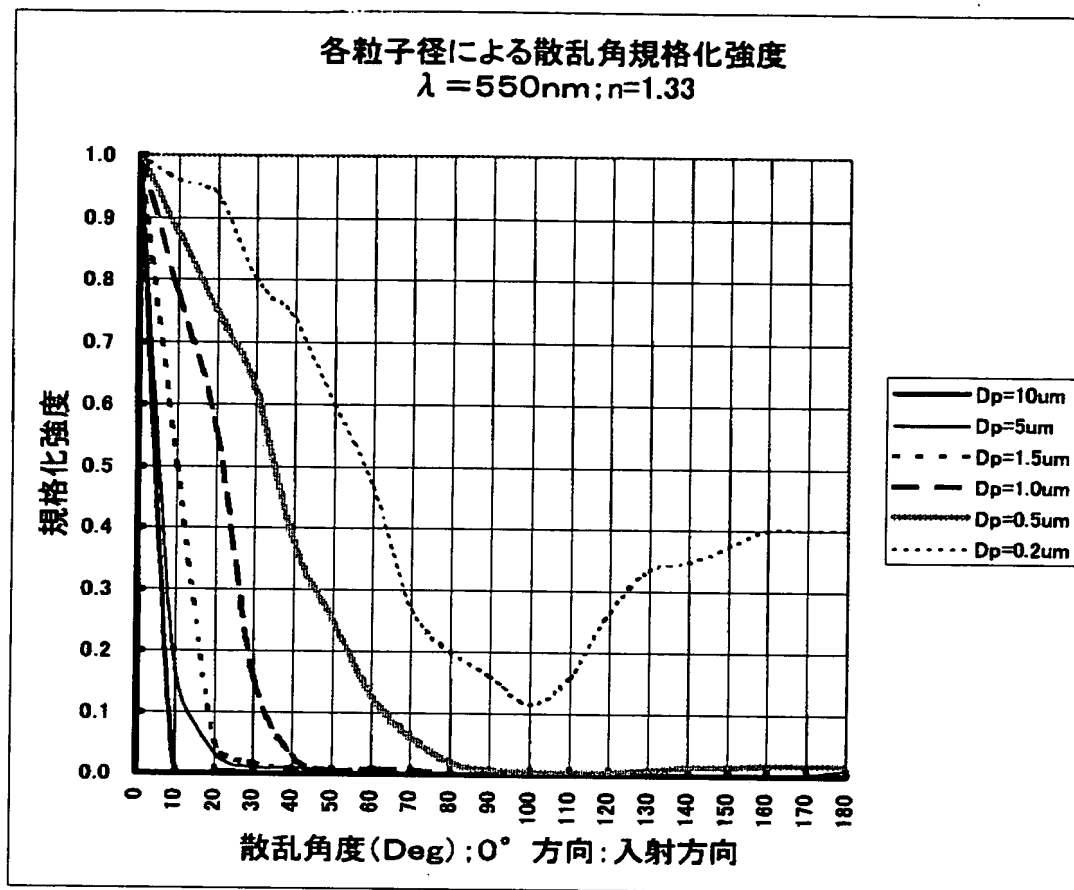
【書類名】

図面

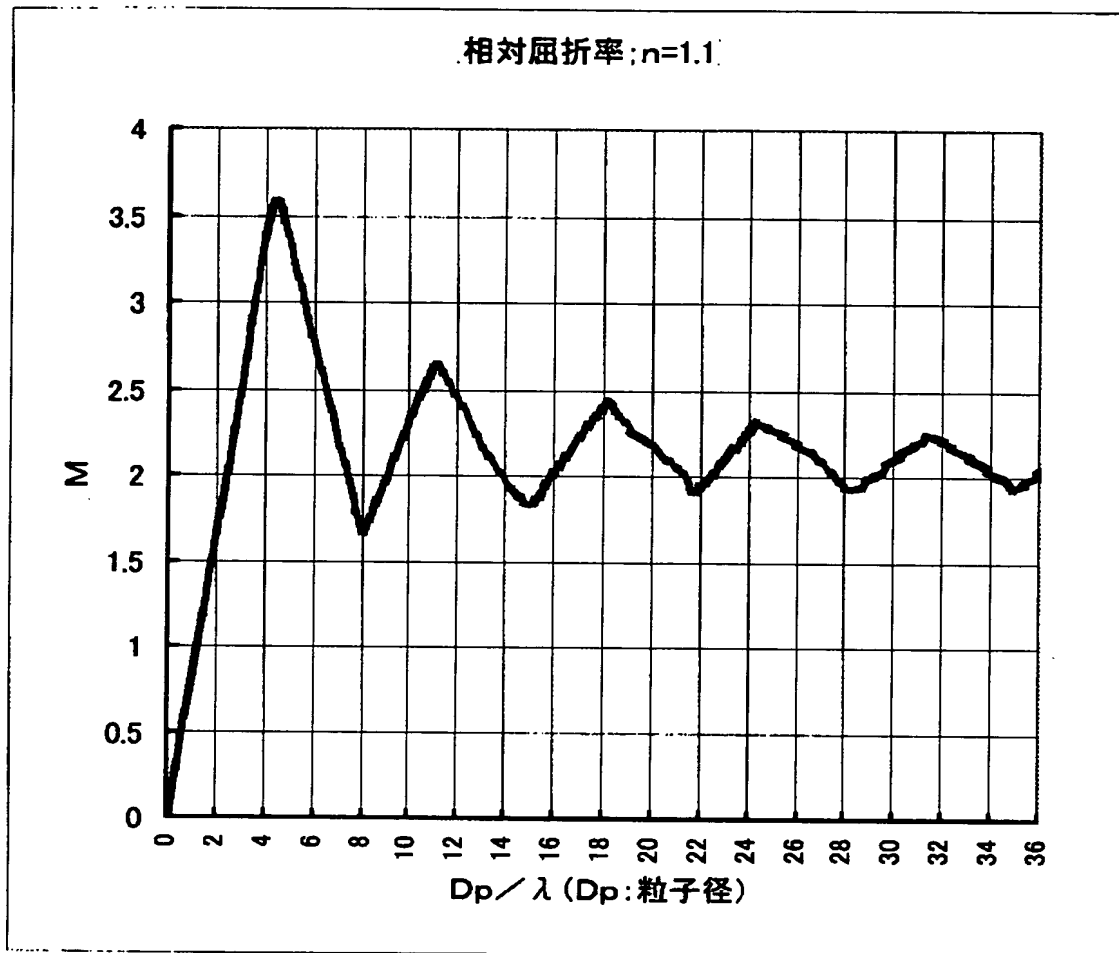
【図 1】



【図 2】

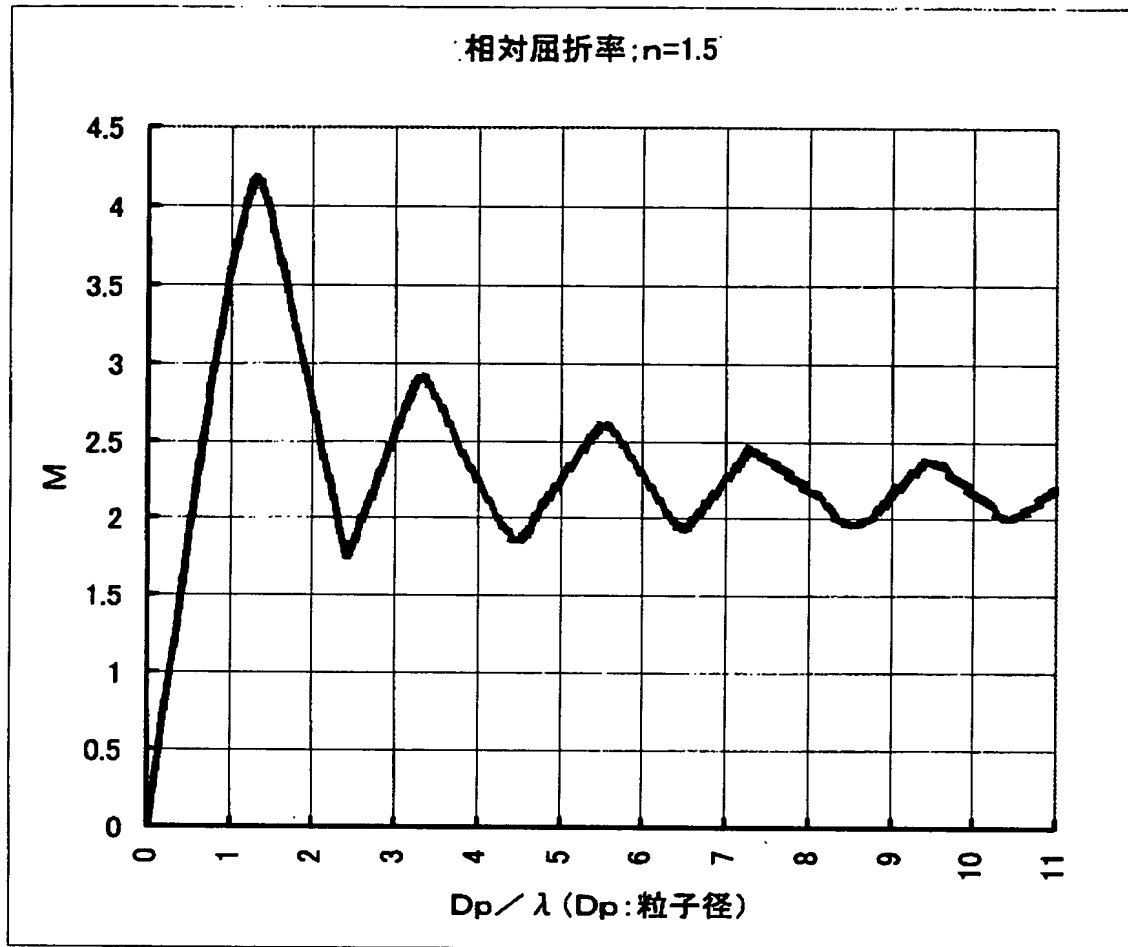


【図 3 a】

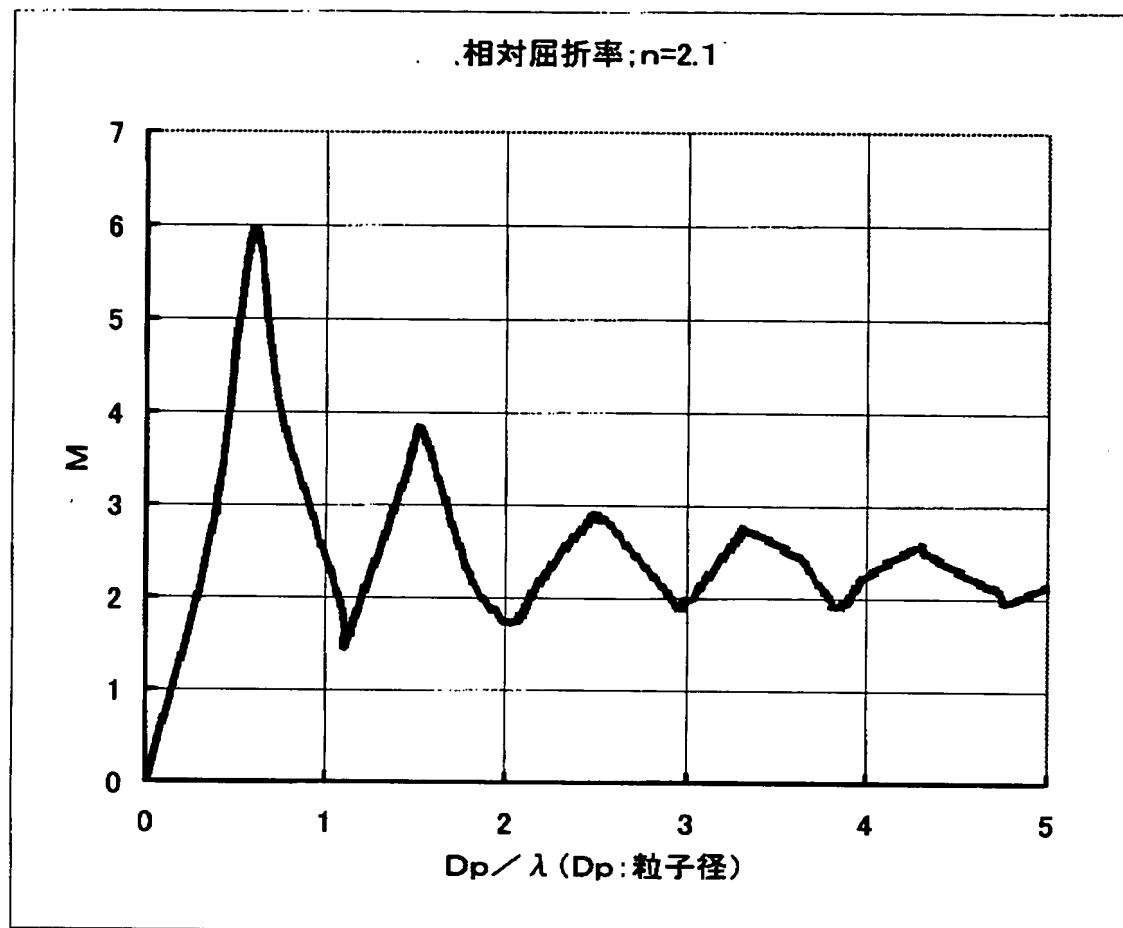




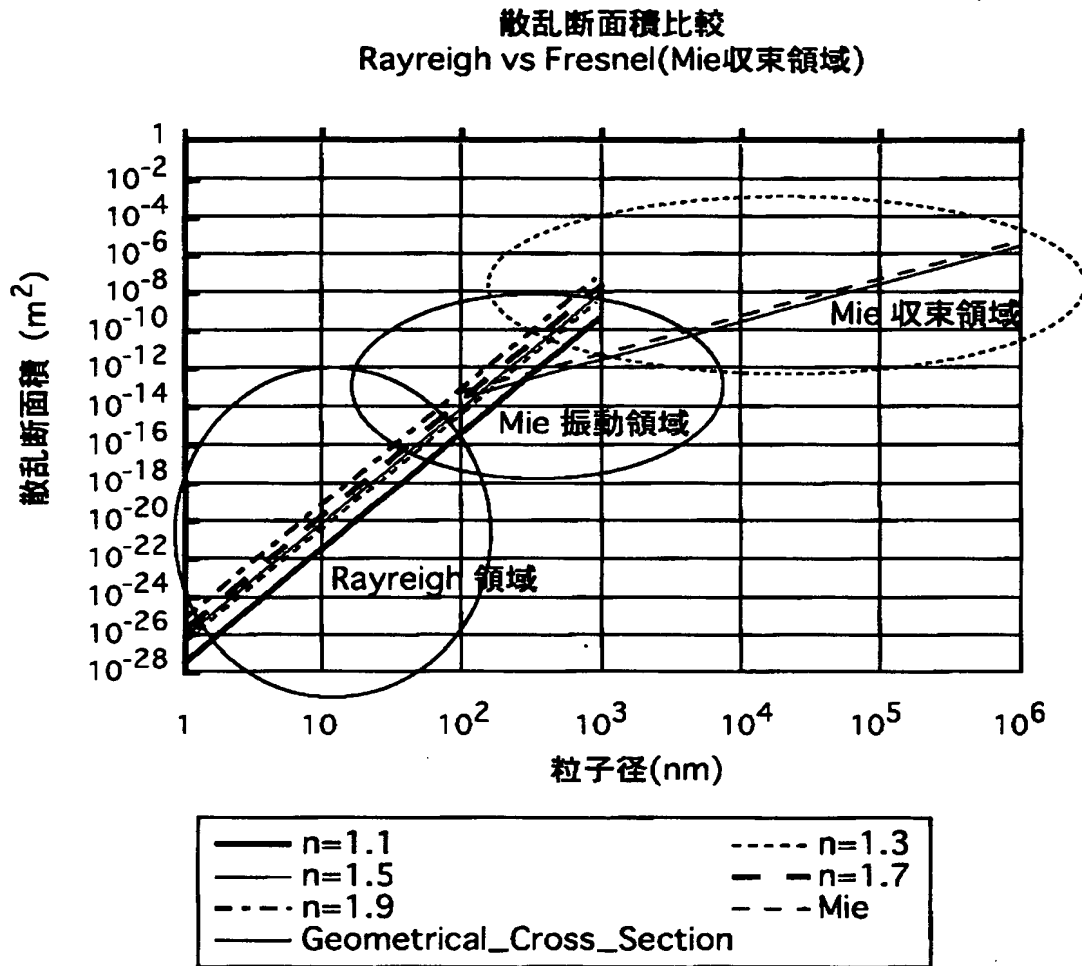
【图 3 b】



【図 3 c】

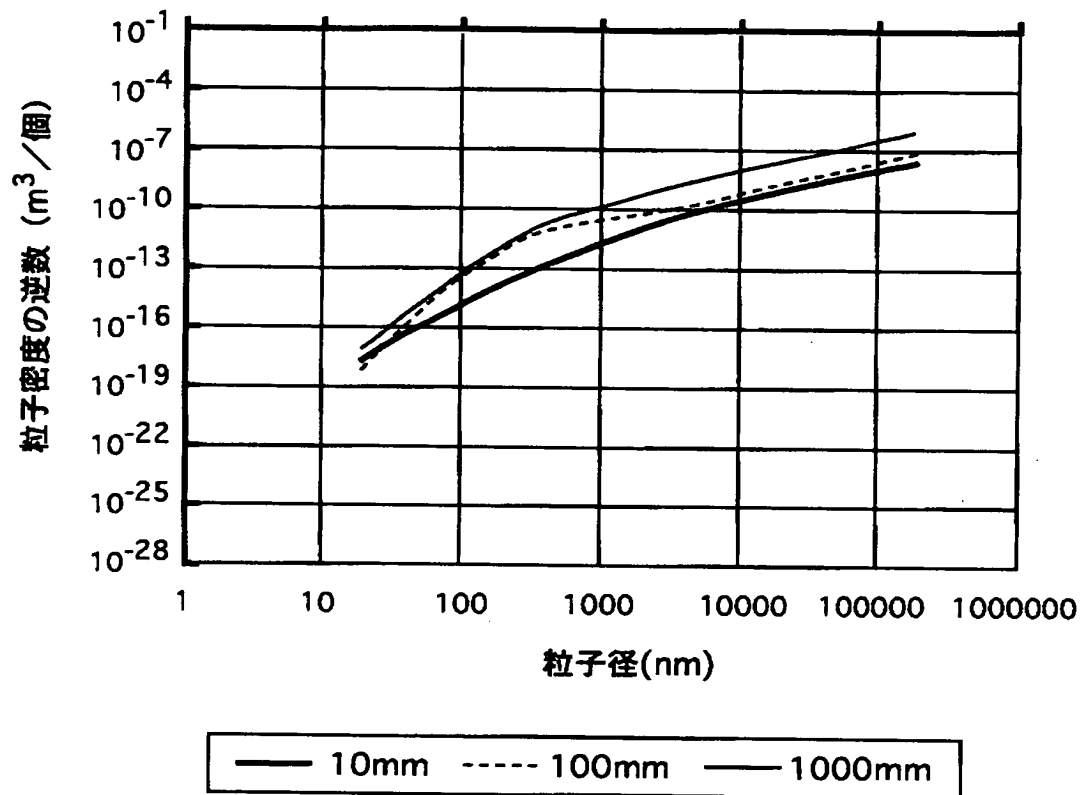


【図 4】



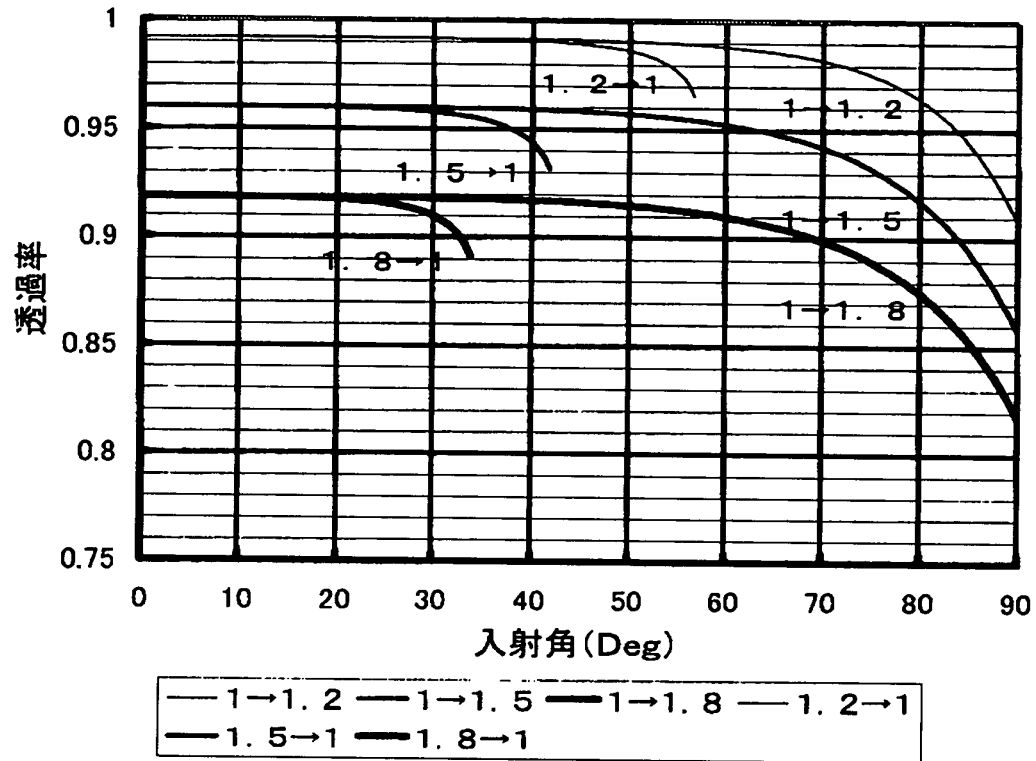
【図5】

光取り出し効率80%の場合の  
粒子径と粒子密度の関係

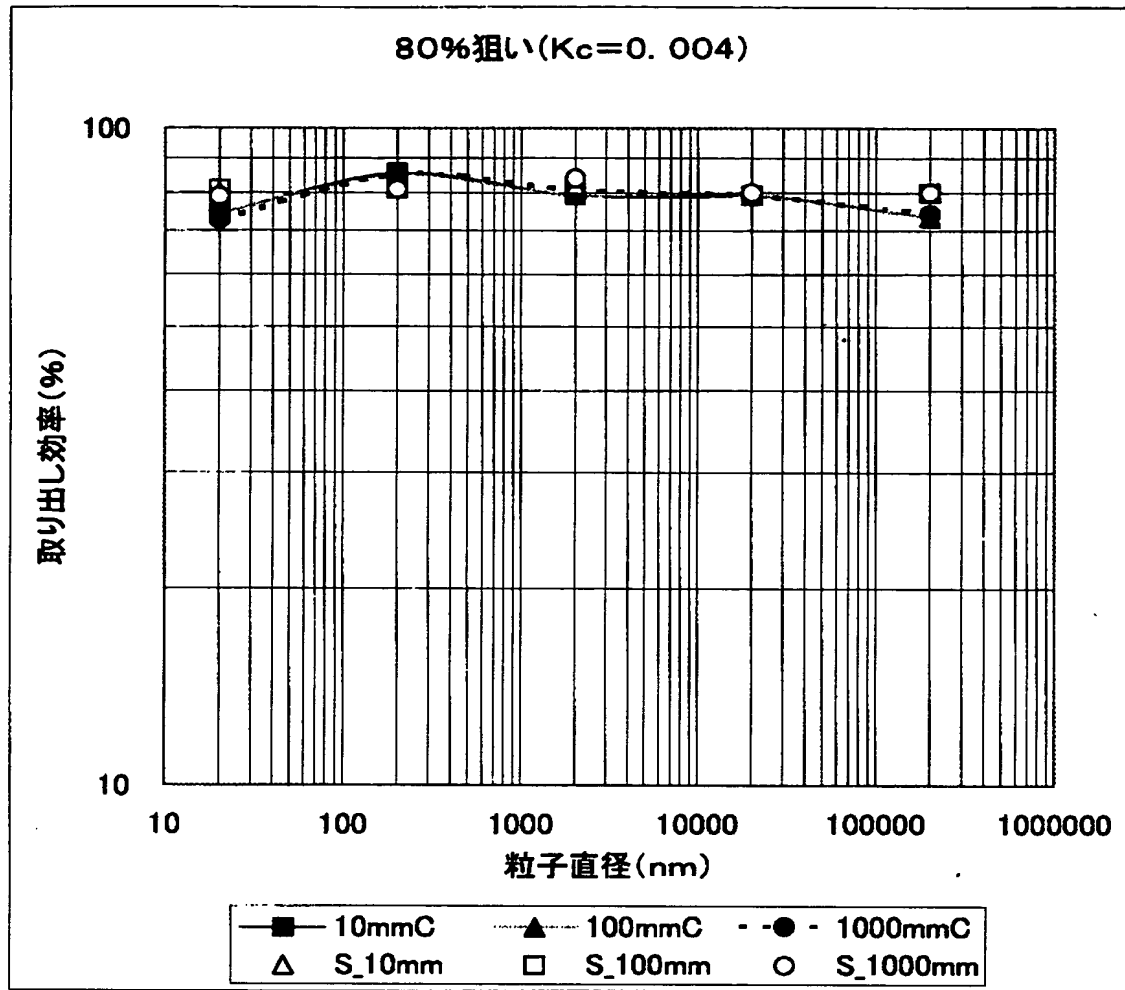


【図 6】

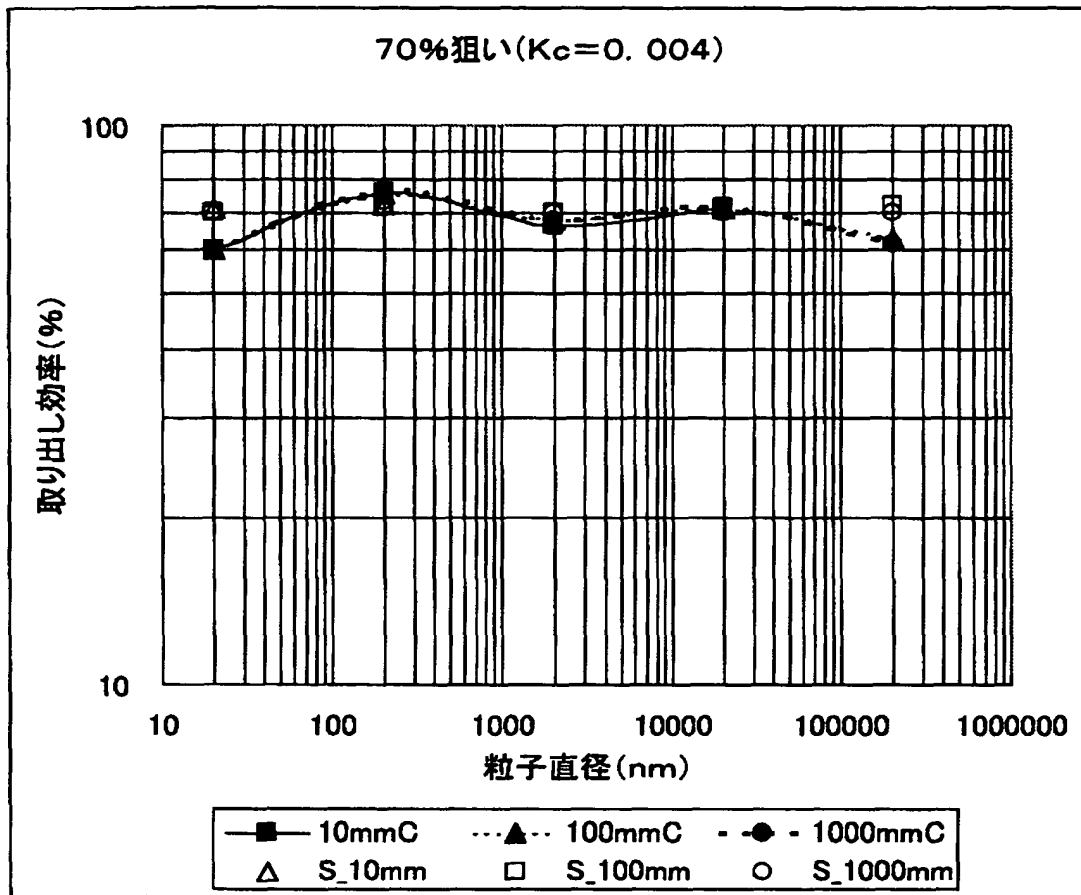
各屈折率におけるFresnel損失



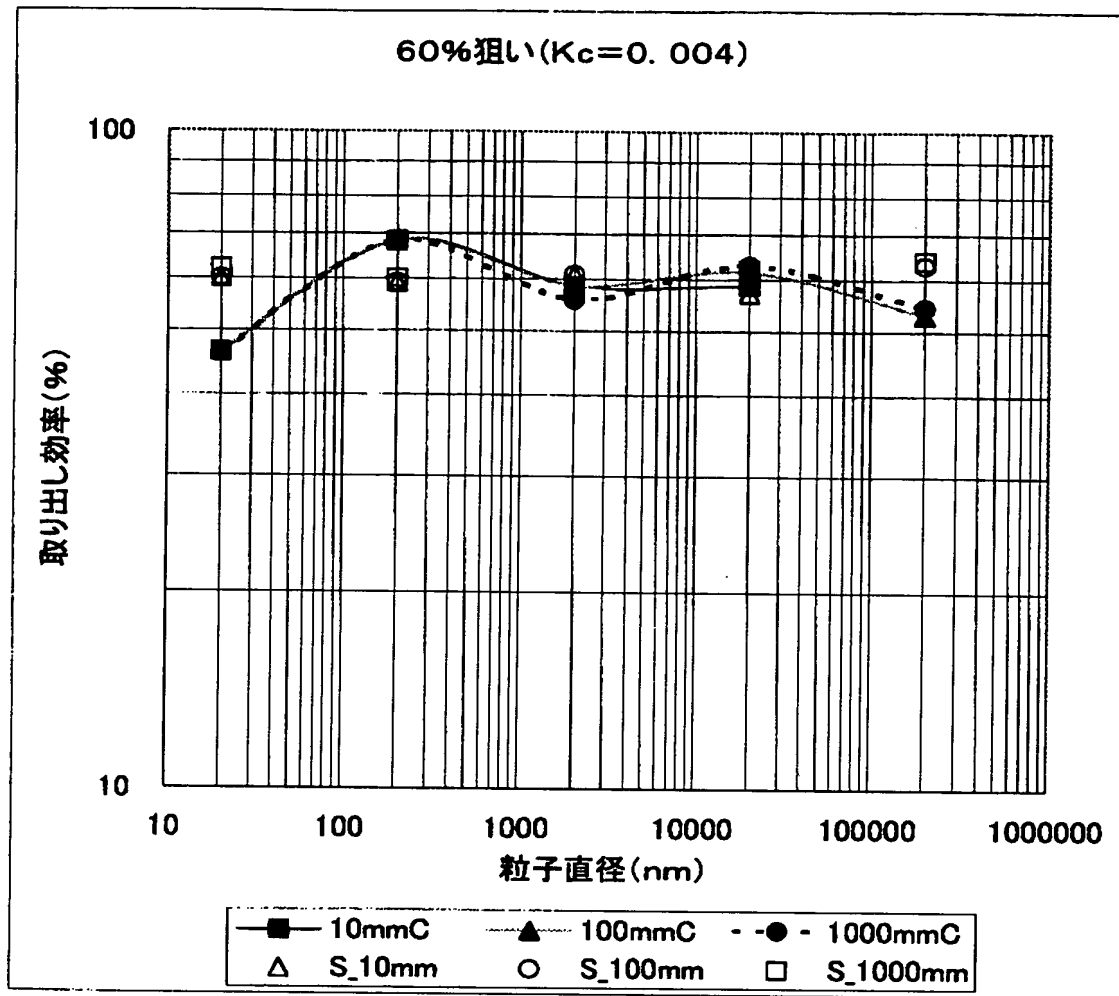
【図 7 a】



【図 7 b】

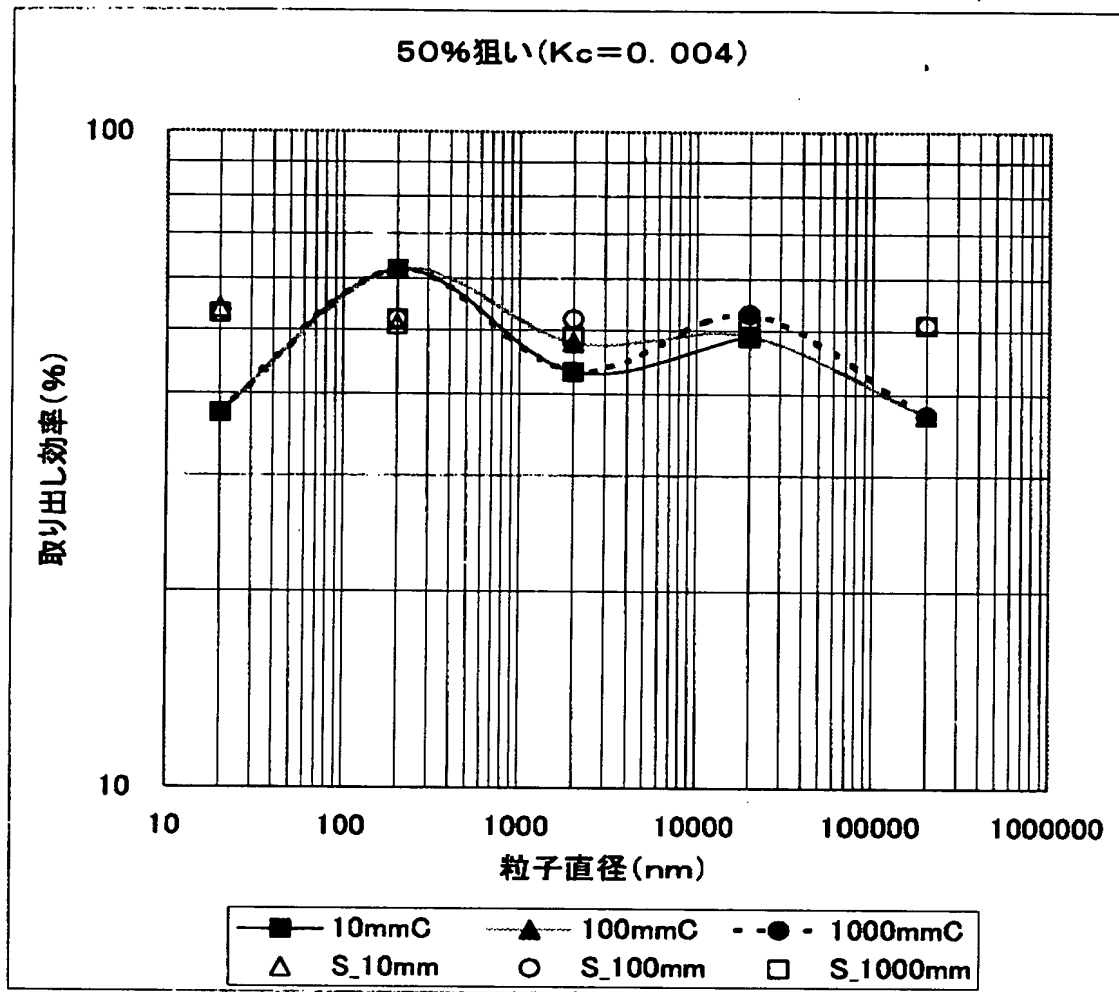


【図 7 c】

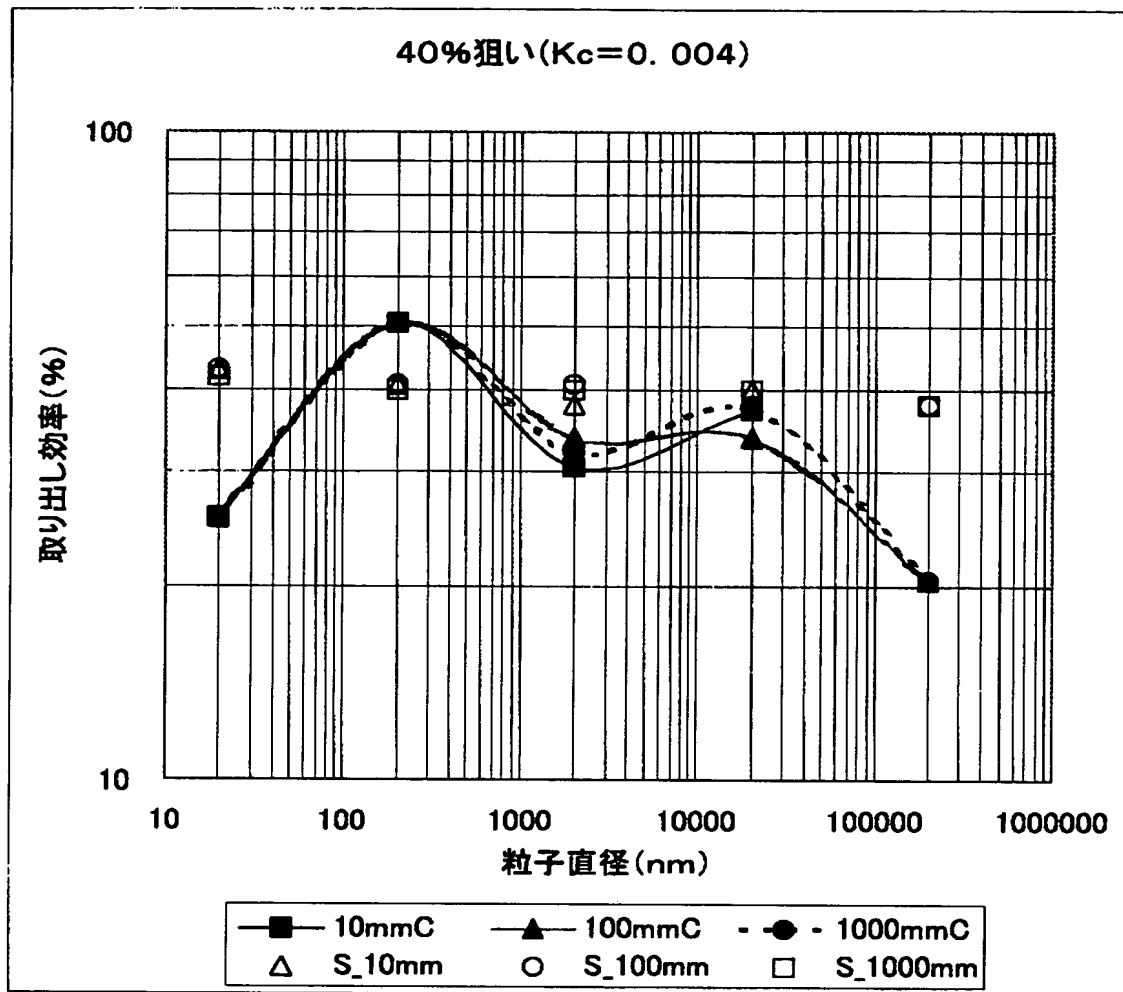




【図 7 d】

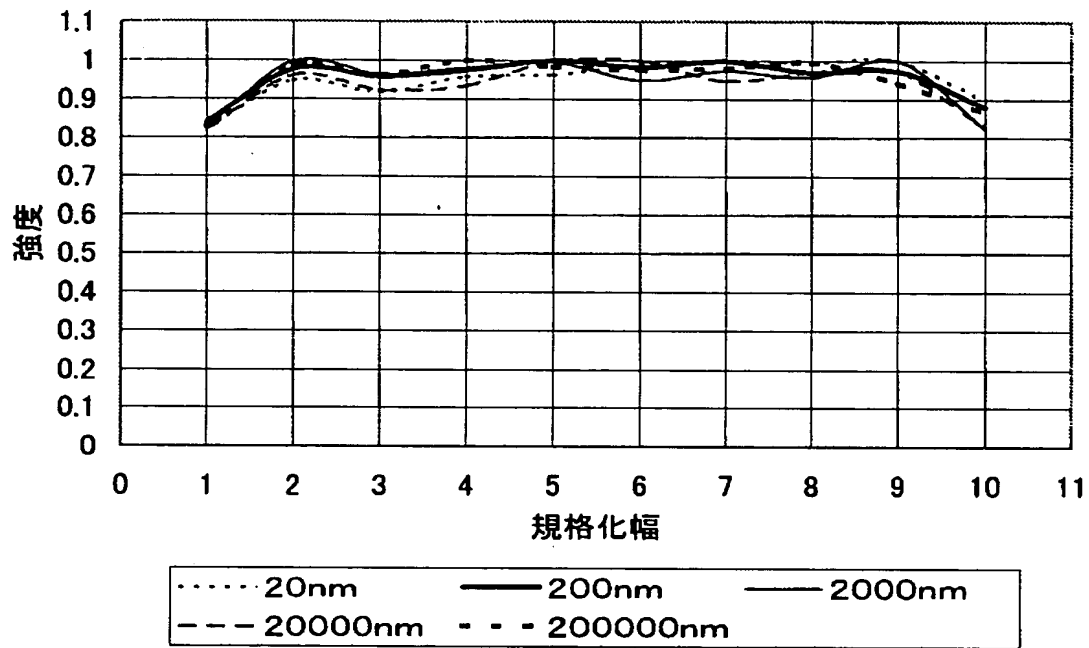


【図 7 e】



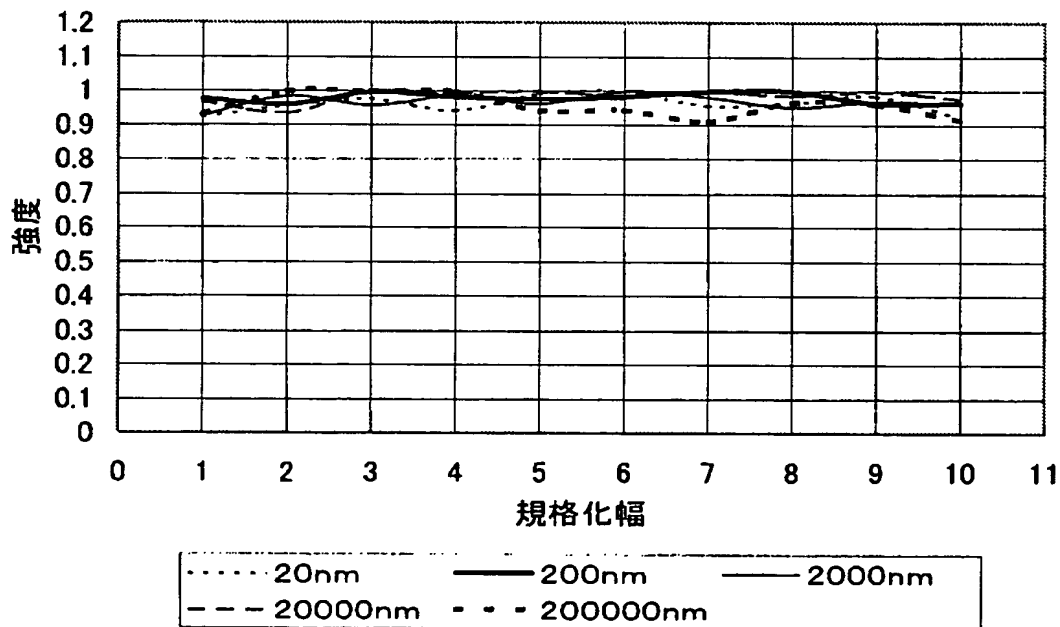
【図 8 a】

出射光強度分布(シート小サイズ)



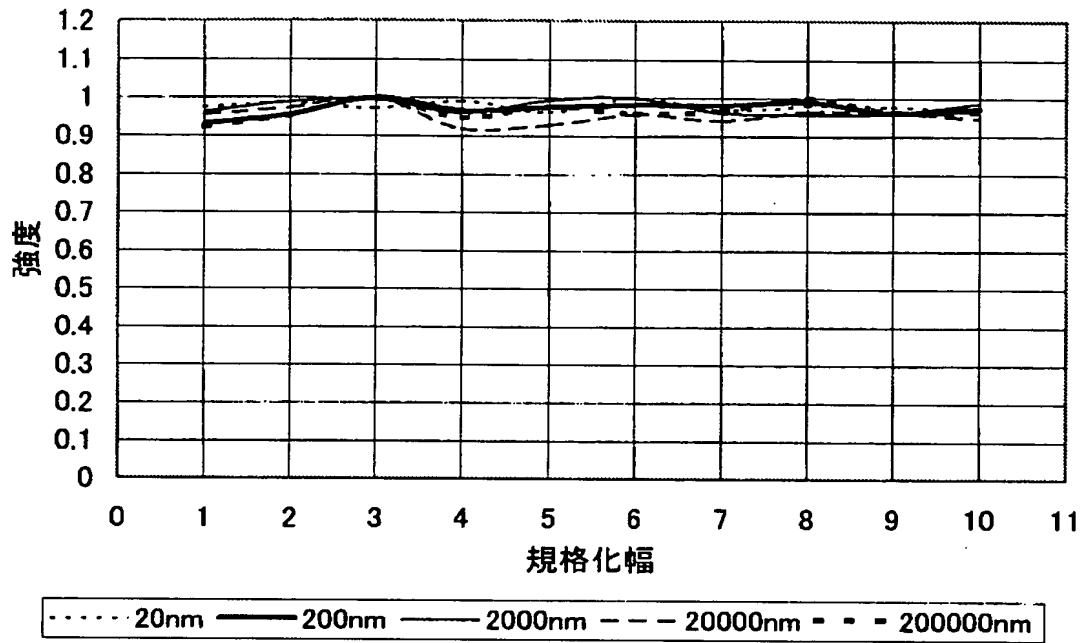
【図 8 b】

出射光強度分布(シート中サイズ)



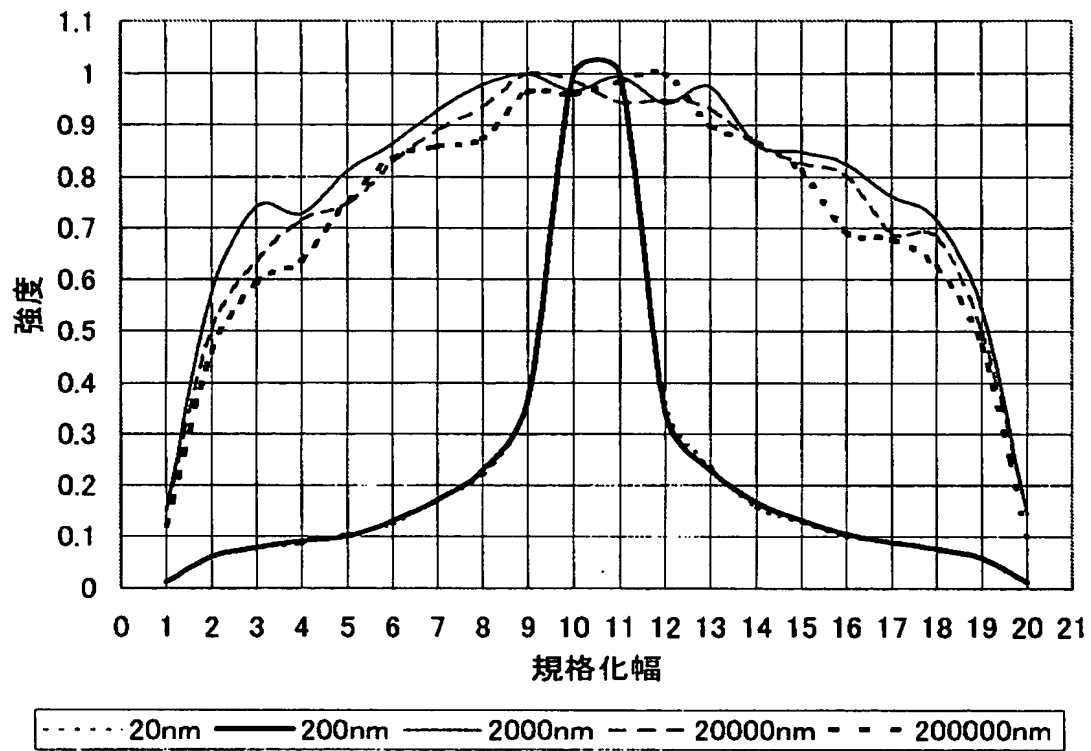
【図 8 c】

出射光強度分布(シート大サイズ)



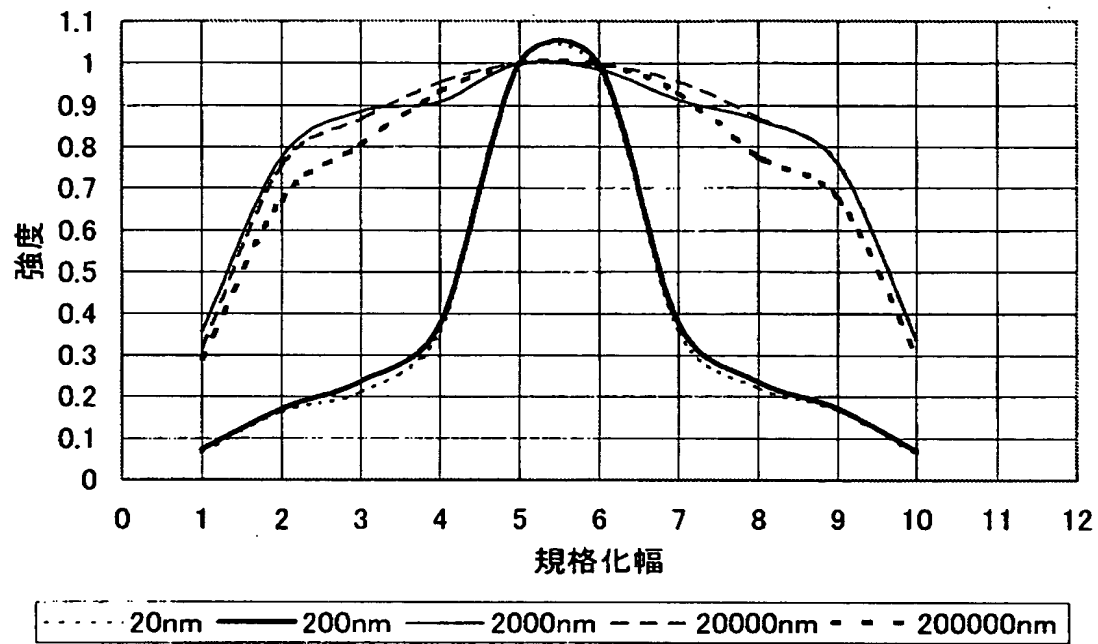
【図 9 a】

出射光強度分布(シリンダー小サイズ)

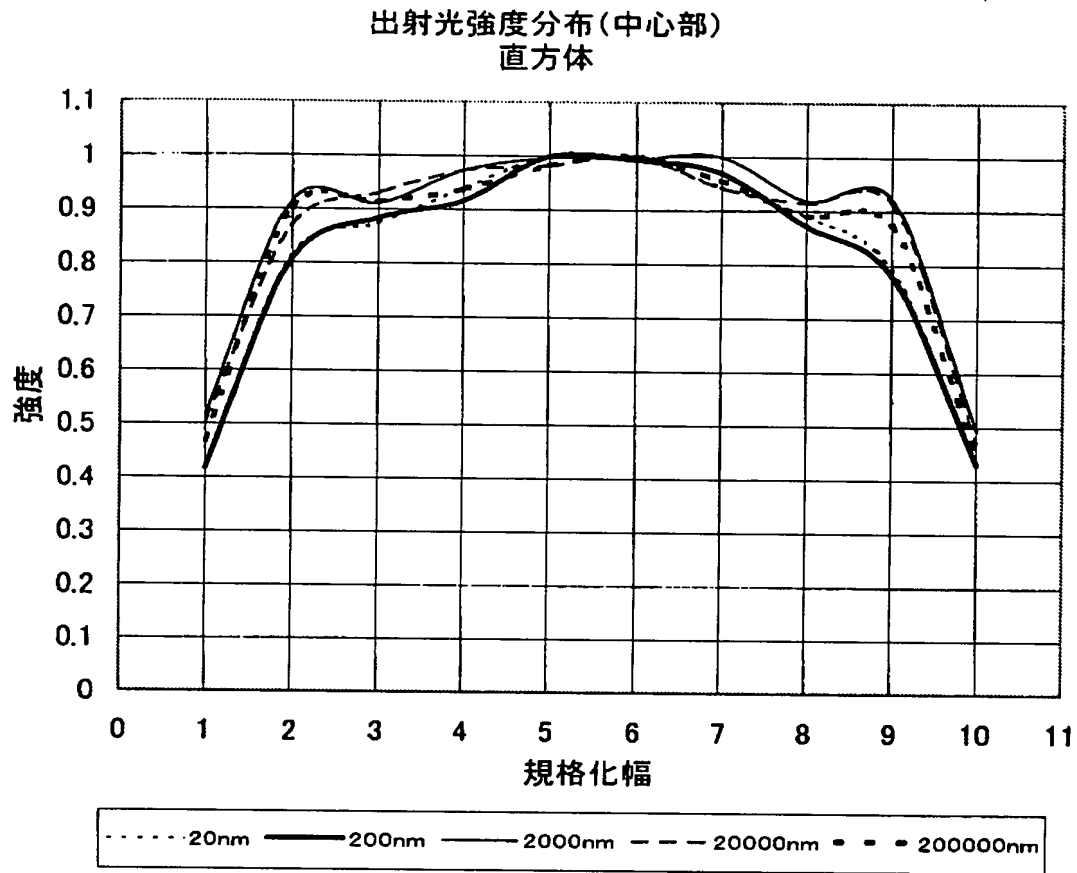


【図 9 b】

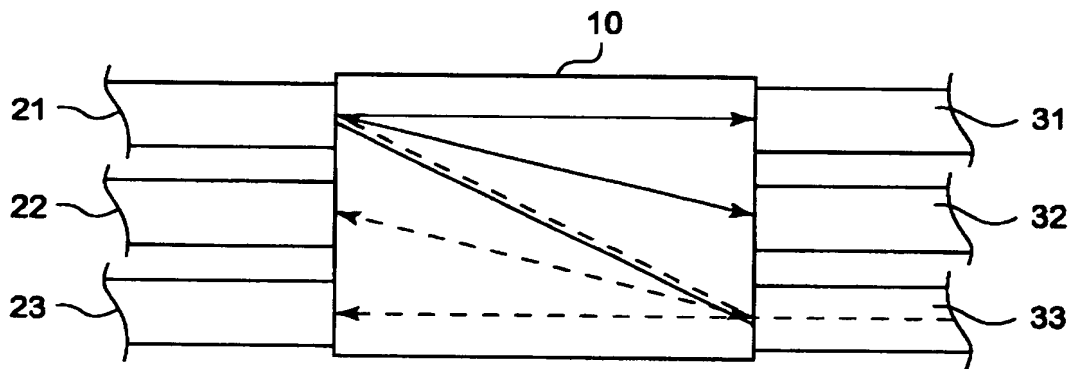
出射光強度分布(シリンダー大サイズ)



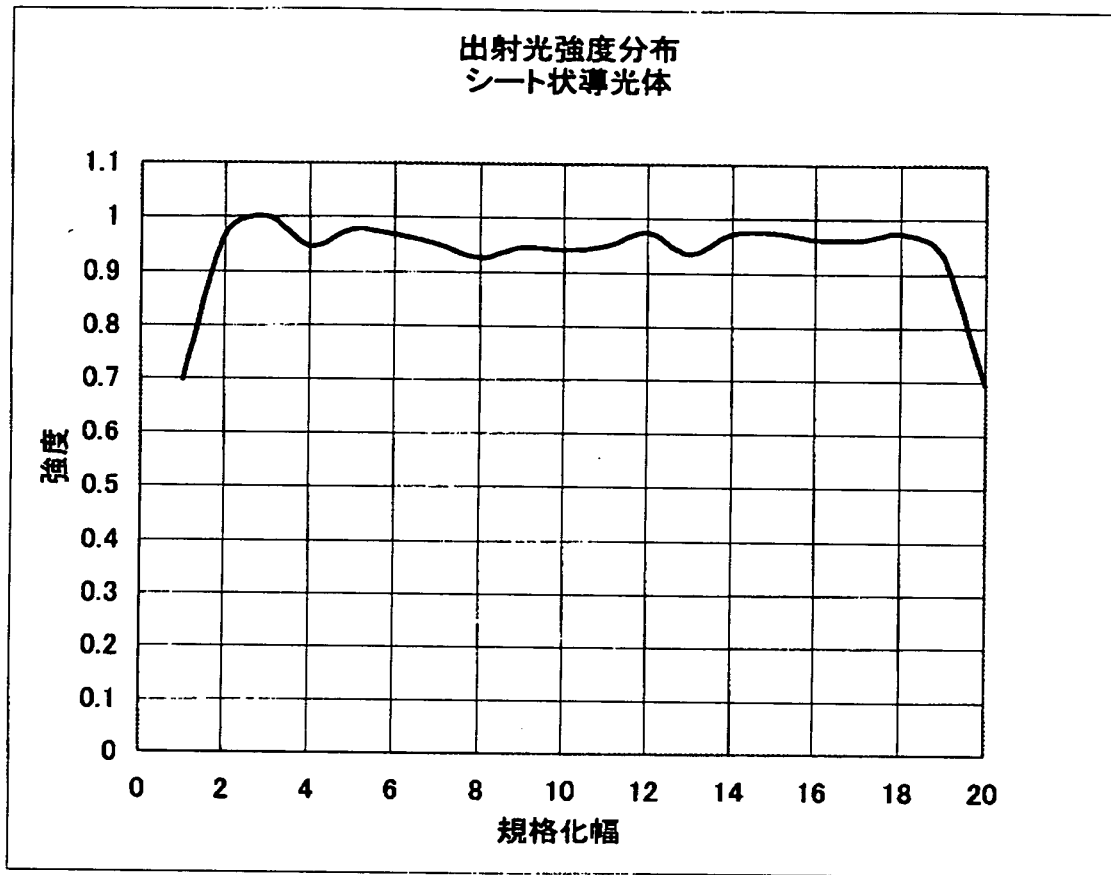
【図 10】



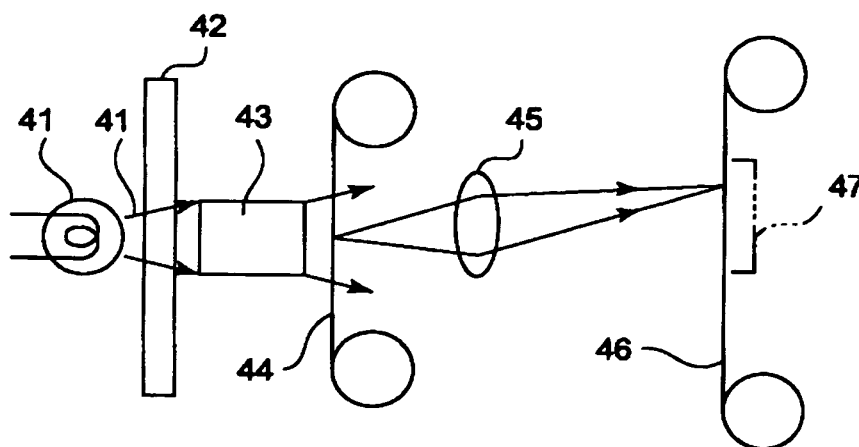
【図 11】



【図 1 2】

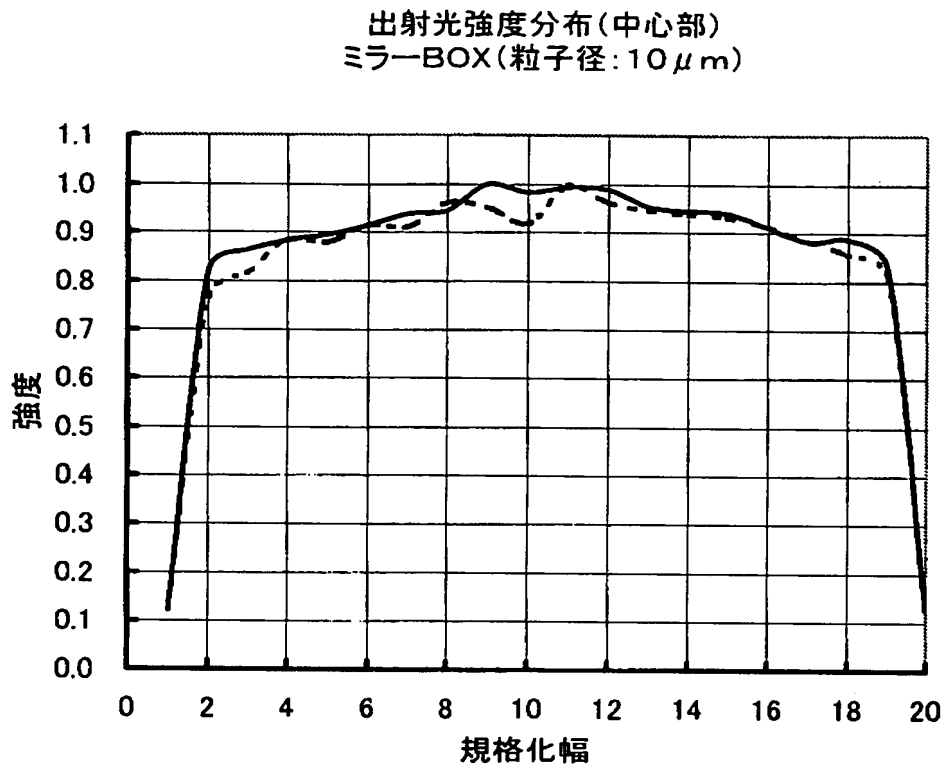


【図 1 3】

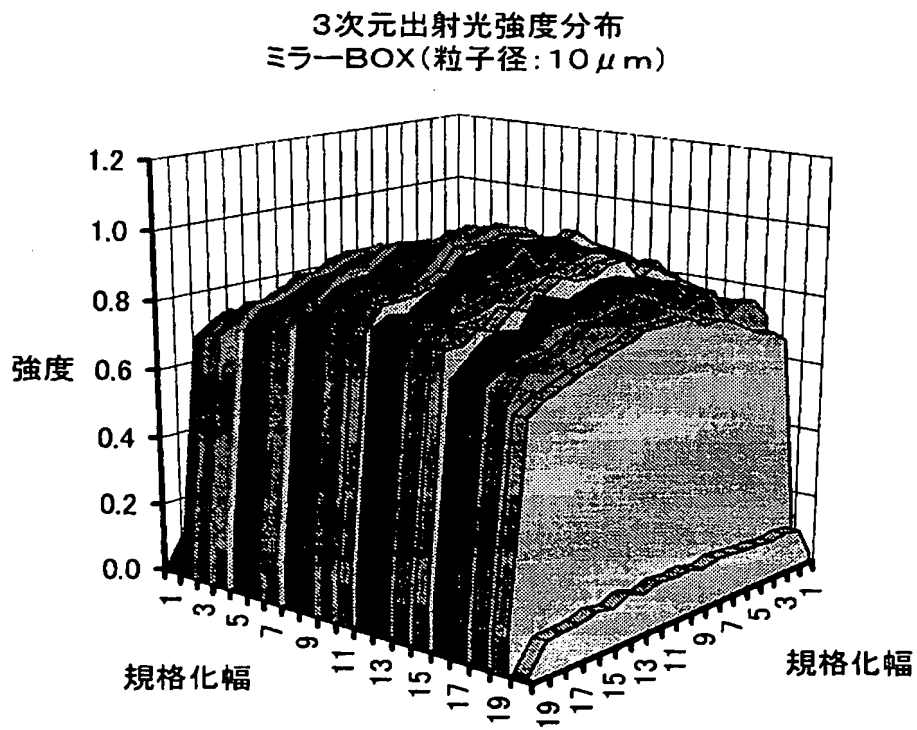




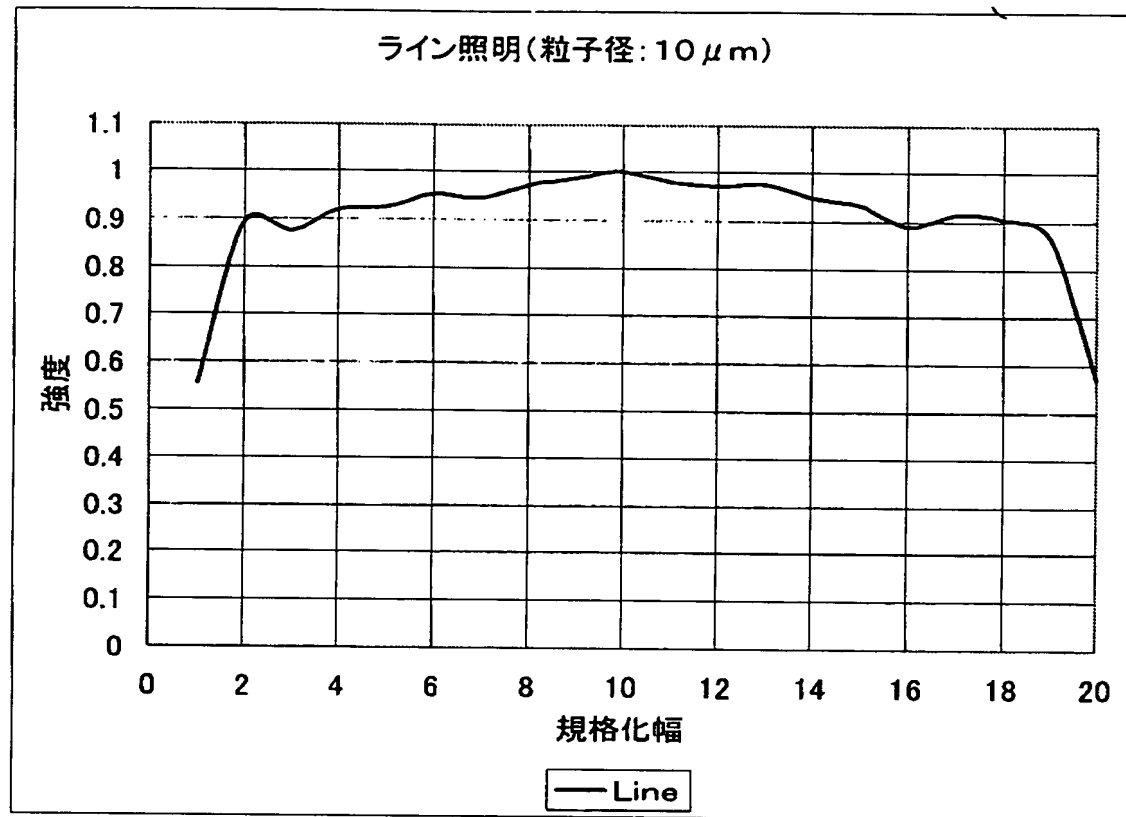
【図 14 a】



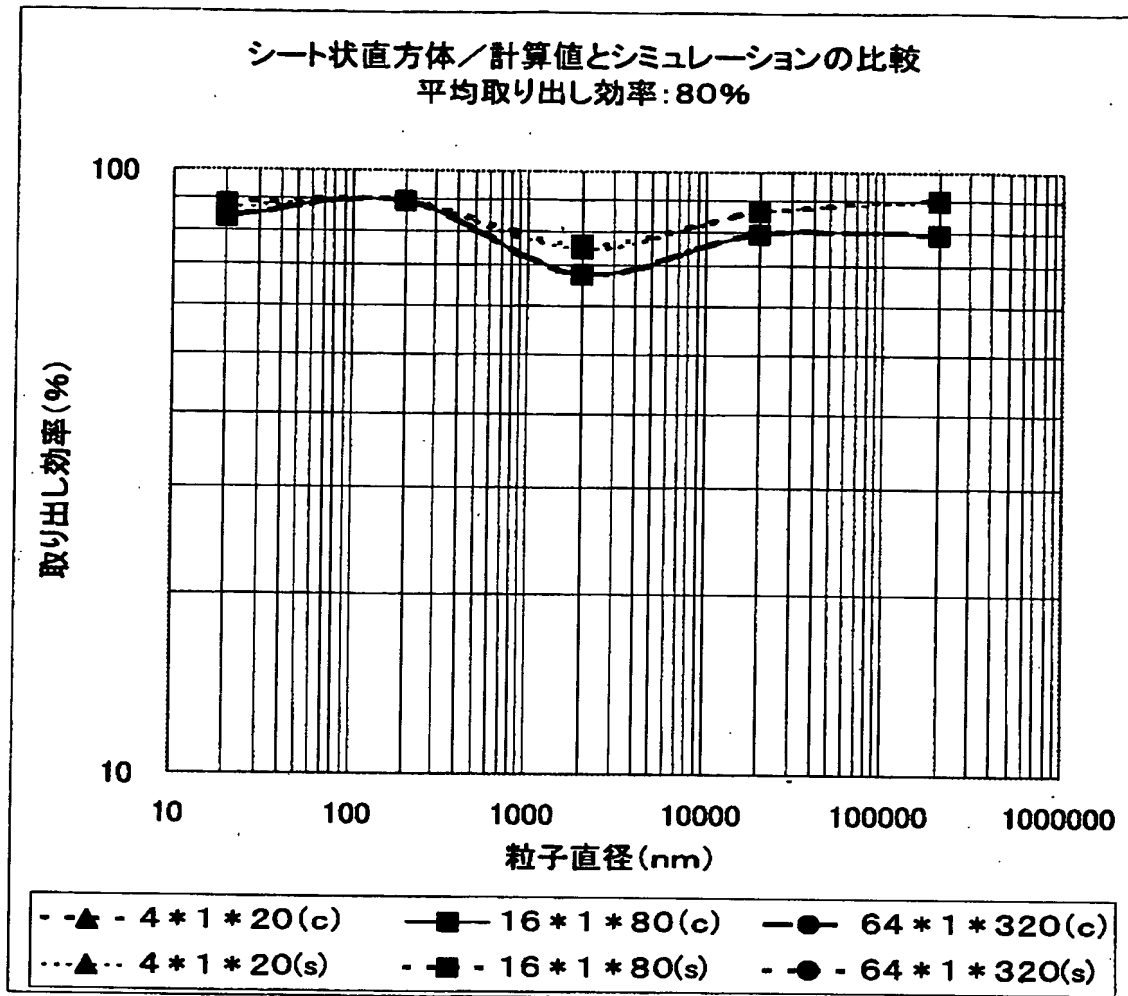
【図 14 b】



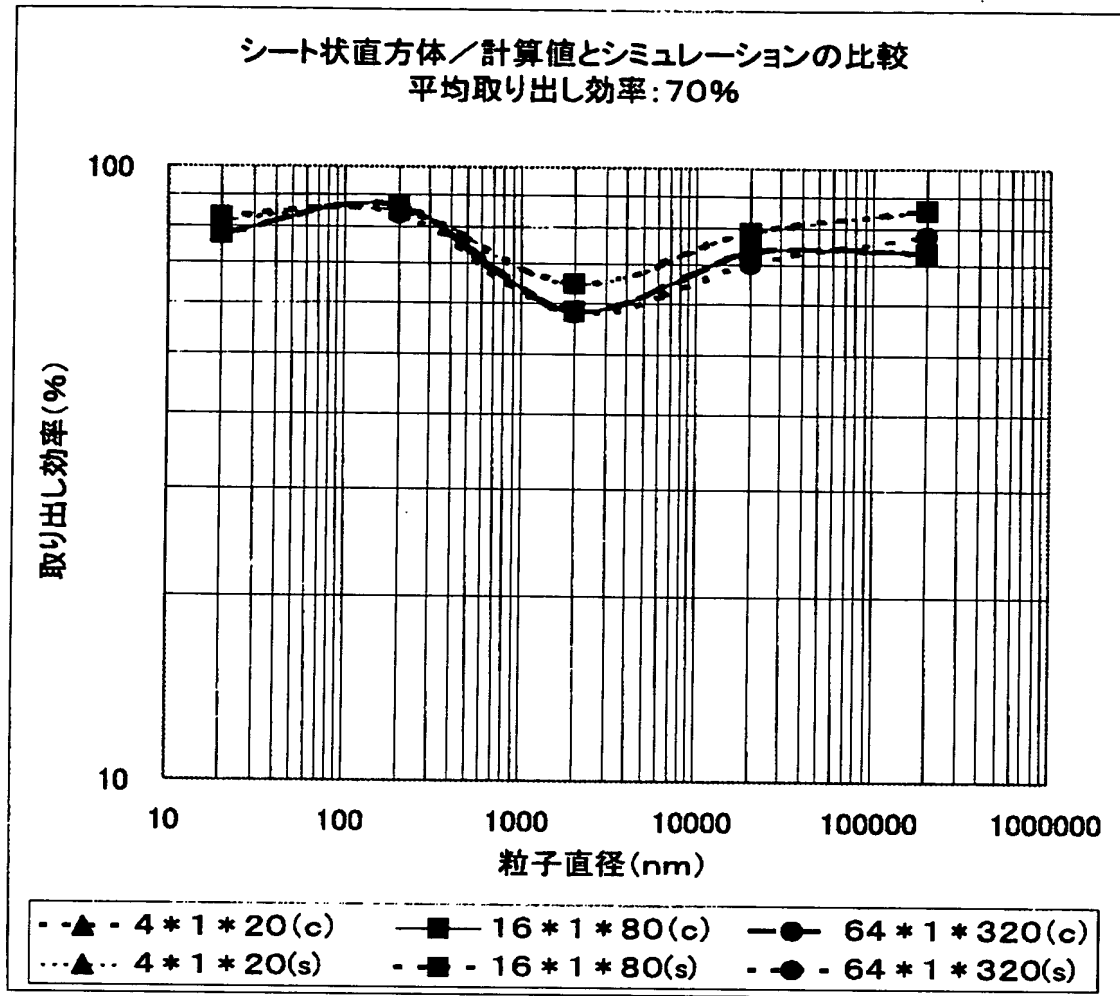
【図 1 5】



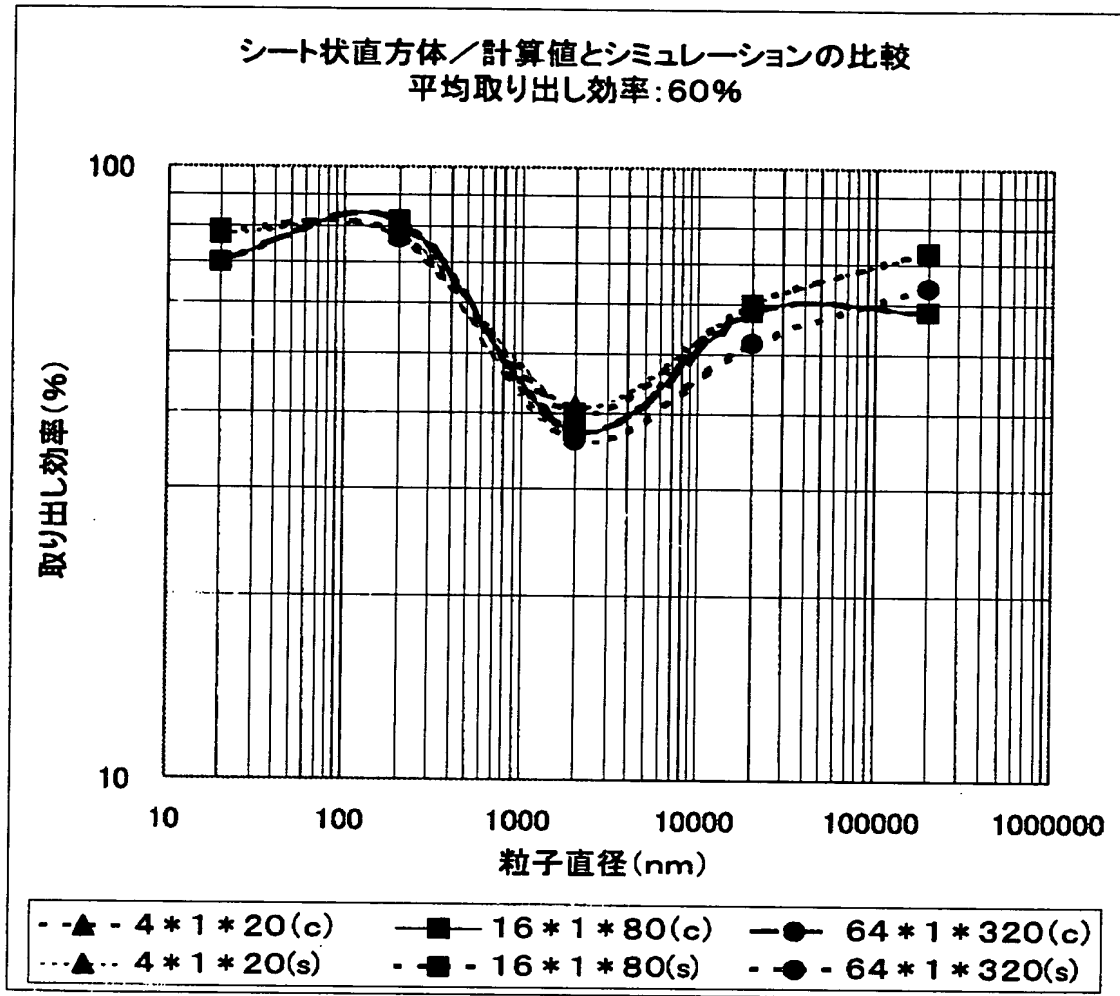
【図 16 a】



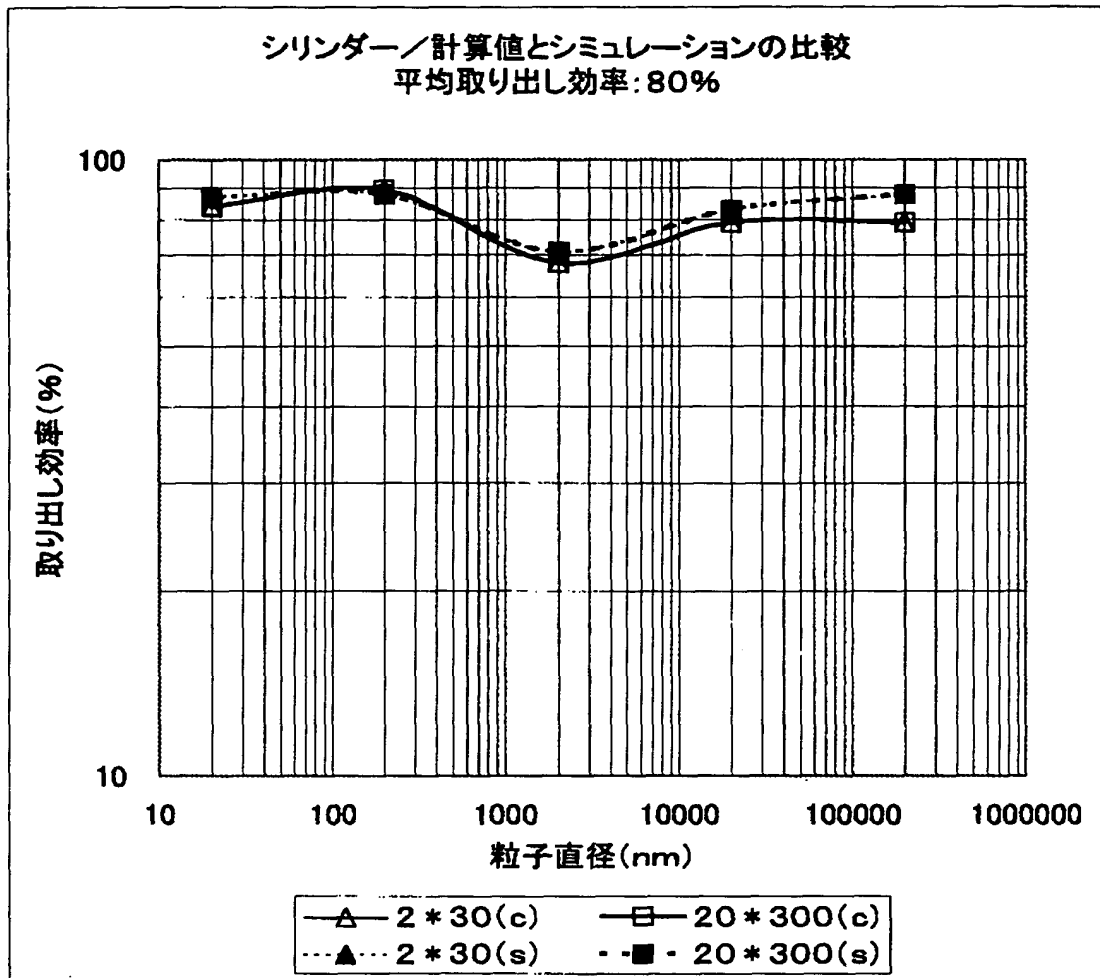
【図 16 b】



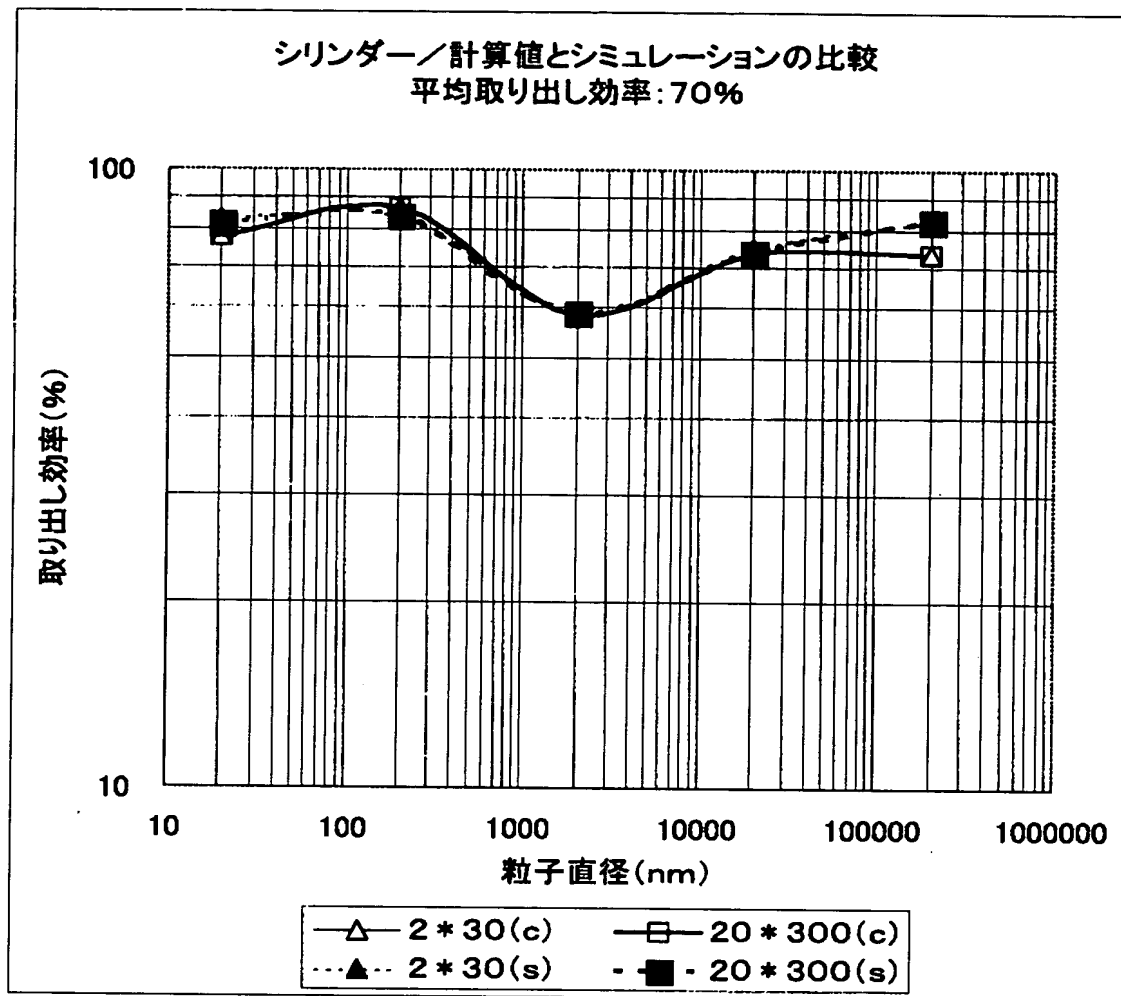
【図16c】



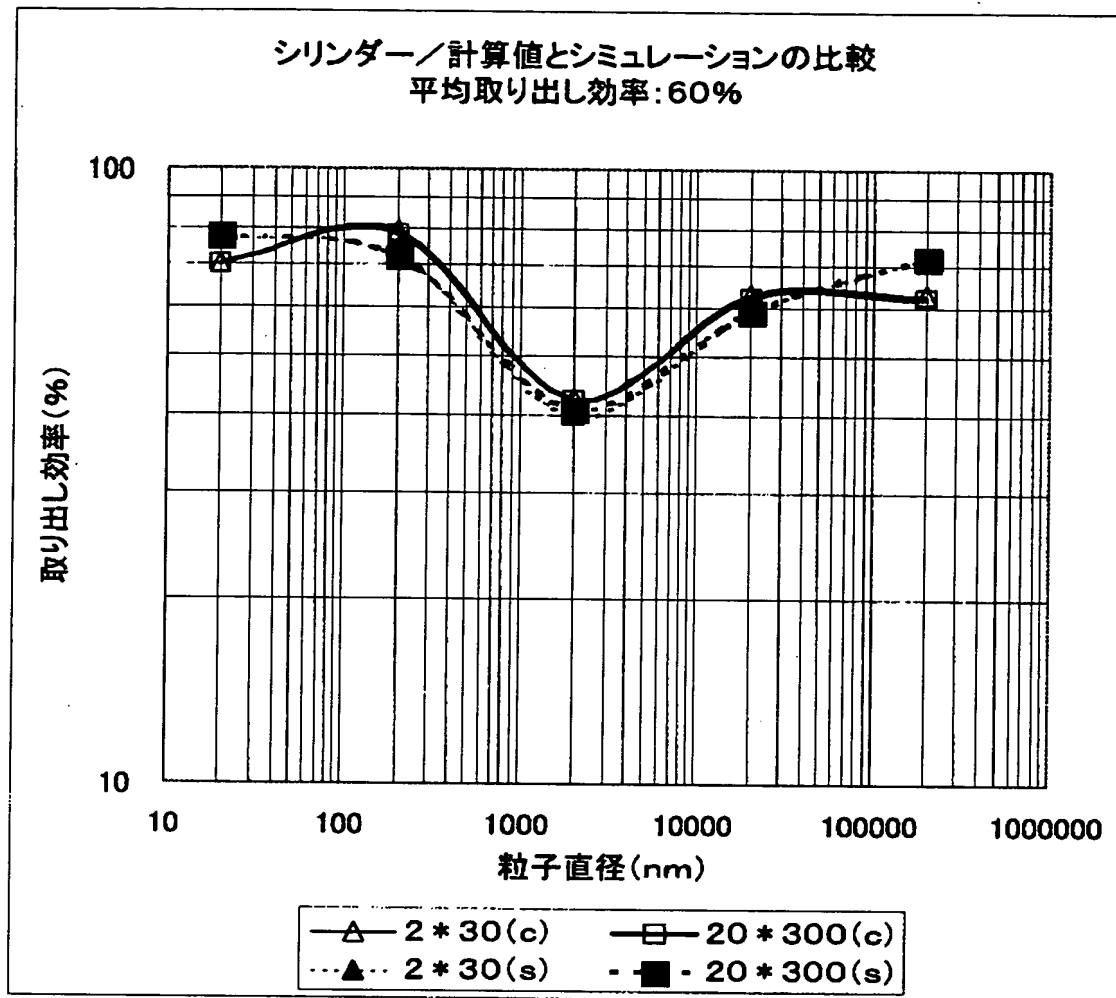
【図 1 6 d】



【図 16 e】

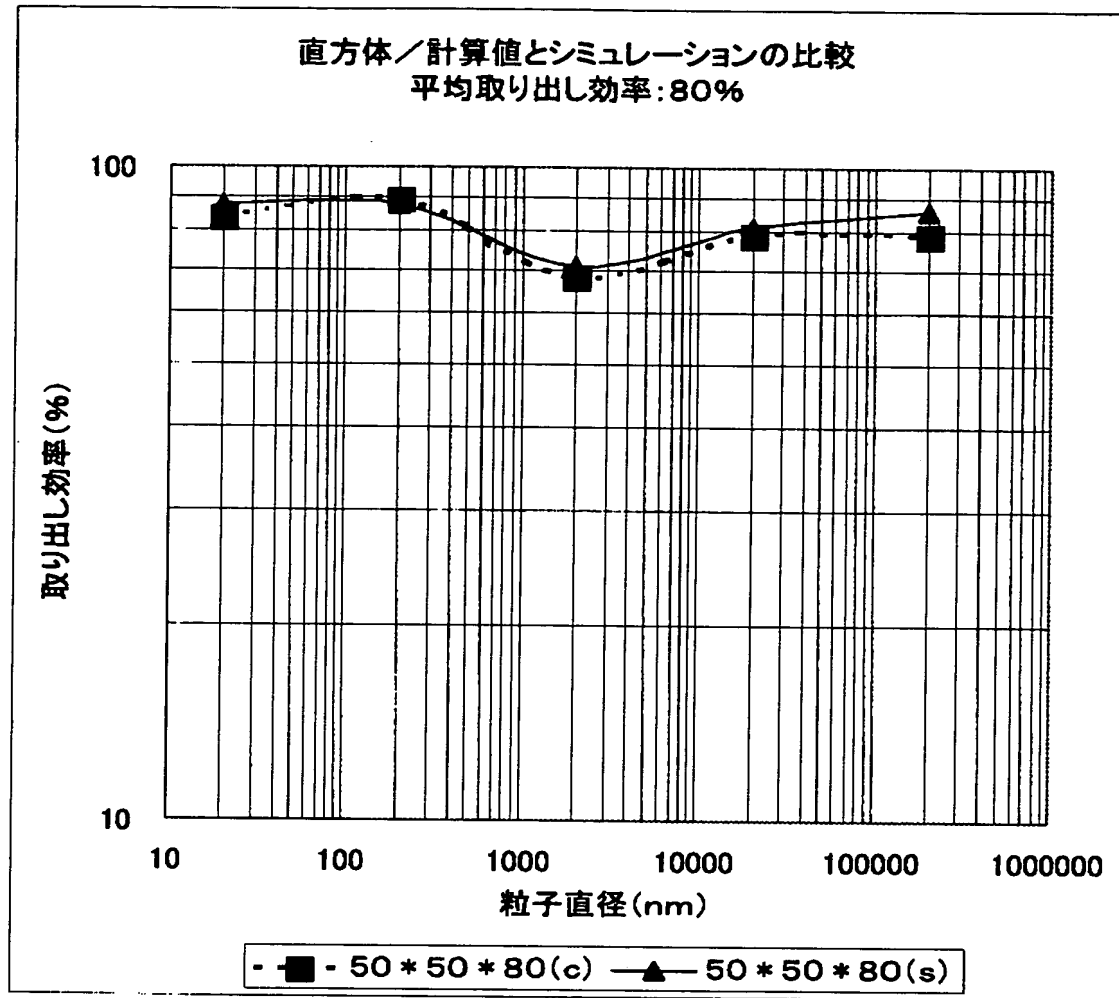


【図 16 f】

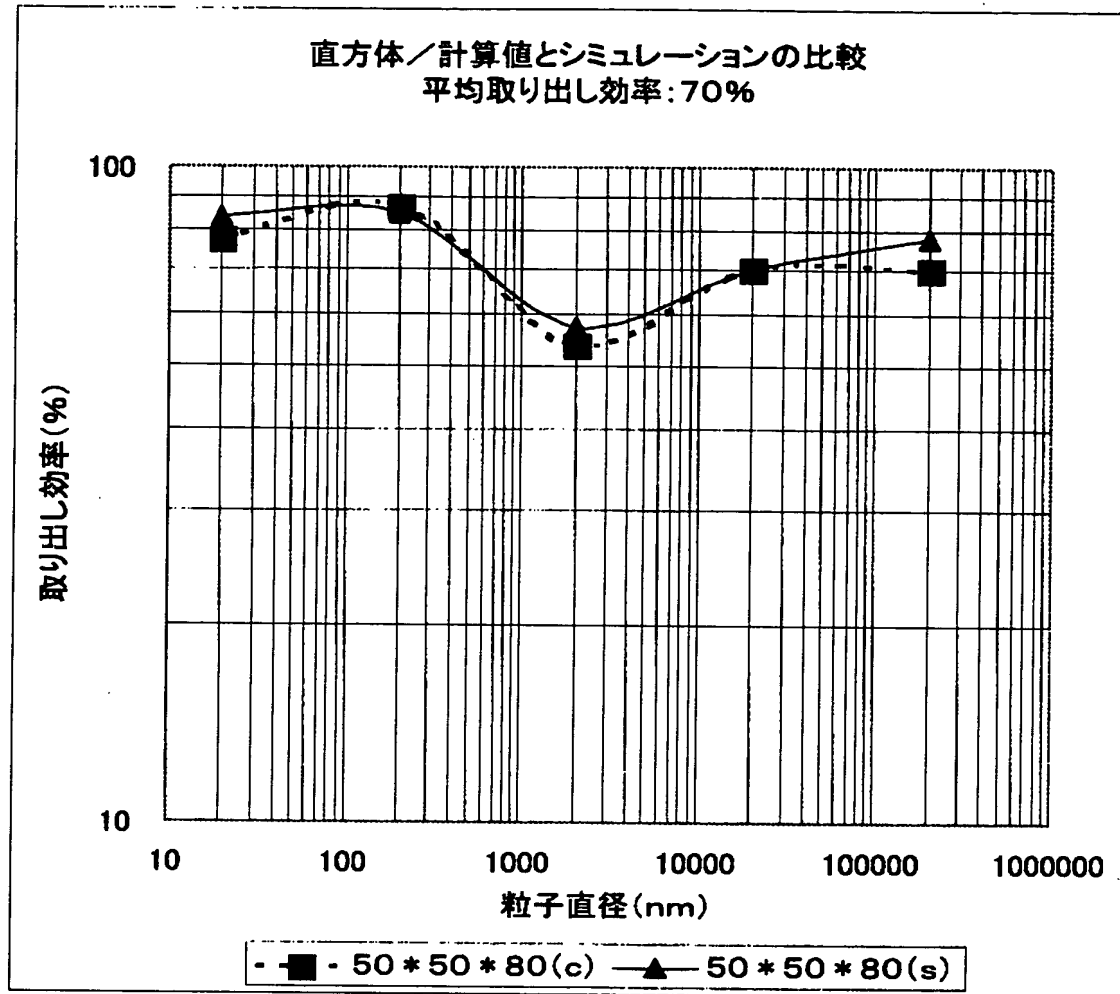




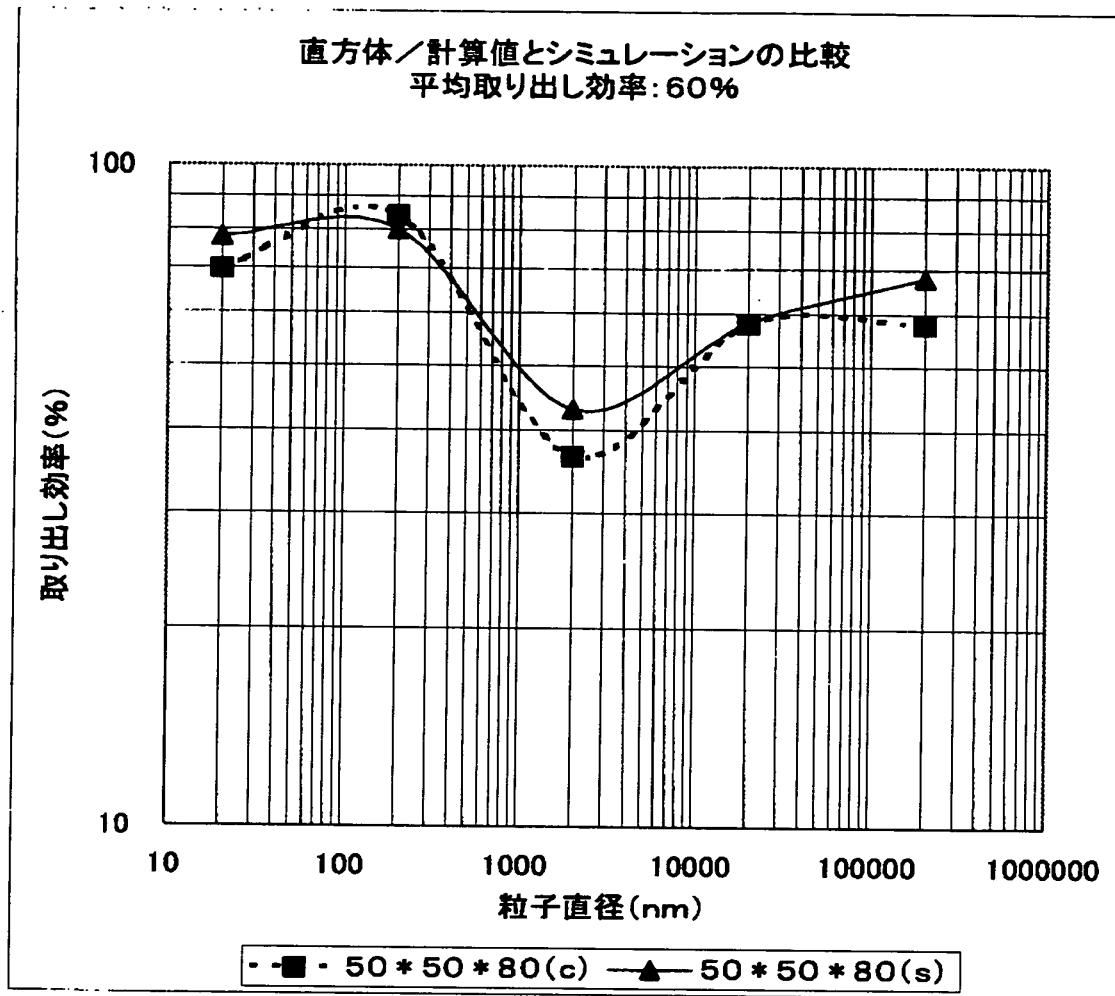
【図 1 6 g】



【図16h】



【図16i】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 良好な光取り出し効率および、均一な出射光強度分布を有する導光体を得る。

【解決手段】 光学媒質内に光を散乱させる粒子を含有してなり、一端面から入射した光を前記粒子により散乱させながら他端面側に伝搬させるシート状導光体等の導光体において、前記粒子の散乱断面積を $\Phi$ 、前記光学媒質の光伝搬方向の長さを $L_G$ 、粒子密度を $N_P$ 、補正係数を $K_C$ としたとき、 $\Phi \cdot N_P \cdot L_G \cdot K_C$ の値を0.9以下とする。

【選択図】 図 1 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-261933
受付番号	50201340573
書類名	特許願
担当官	小松 清 1905
作成日	平成14年 9月17日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 9月 6日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼210番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-3 新横 浜KSビル 7階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜3-18-3 新横 浜KSビル 7階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地  
氏 名 富士写真フイルム株式会社